LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU HAWAII

PERIODICAL
Internationale
Revue Der
Gesamten
Hydrobiologie

V. 46
1961

DATE OF MAGAZINE	BORROWER'S NAME	TIME DUE

PERIODICAL
Internationale
Revue Der
Gesamten
Hydrobiologie

V. 46
1961

LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU HAWAII

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/internationale-revue-der-gesamten-hydrobiologie_1961_46

3544 66
V. 46
1961

INTERNATIONALE REVUE DER GESAMTEN HYDROBIOLOGIE

BAND 46 · 1961

INTERNATIONALE REVUE
DER GESAMTEN HYDROBIOLOGIE

Begründet von R. Woltereck

HERAUSGEGEBEN VON

HUBERT CASPERS, Hamburg · FRITZ GESSNER, Kiel
ARNO WETZEL, Leipzig

UNTER MITARBEIT VON

P. Bourrelly, Paris · V. Brehm, Lunz · B. Fott, Prag
D. G. Frey, Bloomington · H. Luther, Helsinki
R. Margalef, Barcelona · C. H. Mortimer, Millport
H. Oka, Tokio · W. Rodhe, Upsala · W. Schäperclaus, Berlin
V. Tonolli, Pallanza · L. Zenkevitch, Moskau

BAND 46 · 1961

LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU HAWAII

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

Die „Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie" veröffentlicht Originalarbeiten aus allen Zweigen der Hydrobiologie.

Bezugsmöglichkeiten:
Bestellungen durch eine Buchhandlung oder an die Auslieferungsstelle, Firma KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstr. 4—6, bzw. an den Deutschen Buch-Export und -Import GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder direkt an den Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 8, Leipziger Str. 3—4.

Schriftleitung: Dipl.-Biol. Thea Creutziger, Verlag: Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 8, Leipziger Str. 3—4, Fernruf: 220441, Telex-Nr. 011773, Postscheckkonto: Berlin 35021. Bestellnummer dieses Bandes: 1071/46. Die „Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie" erscheint jährlich in einem Band mit etwa 640 Seiten in 4 vierteljährlich aufeinanderfolgenden Heften. Bezugspreis je Band DM 120,—, je Heft DM 30,— zuzüglich Porto und Versandspesen. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Verlages gestattet. Veröffentlicht unter der Lizenznummer 5431 des Ministeriums für Kultur. Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer" Bad Langensalza. ES 18 G 1.

INHALTSVERZEICHNIS

Originalarbeiten

ASAHINA, SYOZIRO: Is *Epiophlebia laidlawi* TILLYARD (Odonata, Anisozygoptera) a good species? . . . 441

BARNES, H.: Variation of the seasonal growth rate of *Balanus balanoides* with special reference to the presence of endogeneous factors . . . 427

BEER, WOLFDIETRICH: Methodologische Untersuchungen zur biologischen Fließgewässeranalyse . . . 5

BEUSCHOLD, ERHARD: Limnologische Untersuchungen am Hauptbecken der Saidenbach-Talsperre . . . 18

BURSCHE, EVA-MARIA: Änderungen im Chlorophyllgehalt und im Zellvolumen bei Plankton algen, hervorgerufen durch unterschiedliche Lebensbedingungen . . . 610

CASPERS, HUBERT: Beobachtungen über Lebensraum und Schwärmperiodizität des Palolowurmes *Eunice viridis* (Polychaeta, Eunicidae) I. Die tages- und mondzeitliche Konstanz des Schwärmens; Bibliographie . . . 175

CLAUS, GEORGE: Contributions to the Knowledge of the Blue-Green Algae of the Salzlackengebiet in Austria . . . 514

DANECKER, ELISABETH: Studien zur hygropetrischen Fauna. Biologie und Ökologie von *Stactobia* und *Tinodes* (Insect., Trichopt.) . . . 214

DAVIS, CHARLES C.: A study of the hatching process in aquatic invertebrates. III. Hatching in *Dineutus assimilis* AUBÉ (Coleoptera, Gyrinidae) . . . 429

ELSTER, HANS-JOACHIM: Einige Beobachtungen über die Sichttiefen im Bodensee (Ober- und Untersee) während der Jahre 1932 bis 1935 . . . 43

FISCHER, ZOFIA: Some data on the Odonata larvae of small pools . . . 269

GESSNER, FRITZ: Der Sauerstoffhaushalt des Amazonas . . . 542

VON HAFFNER, KONSTANTIN: Der Bau und die Verwandtschaftsbeziehungen des Palolowurmes *Eunice virides* GRAY (Polychaeta, Eunicidae) . . . 184

DEN HARTOG, C.: Die faunistische Gliederung im südwest-niederländischen Deltagebiet . . 407

ILLIES, JOACHIM: Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer . 205

KAMSHILOV, M. M.: Some long-term changes in the fauna and biological productivity of the Barents Sea and their causes . . . 282

KLAPPER, HELMUT: Biologisches Gütebild der Elbe zwischen Schmilka und Boizenburg . . 51

KLEIN, UDO E., und TRAUT, WALTHER: Zur Herkunft des Schalenkalkes bei Süßwassermollusken . . . 434

KRALIK, UTE: Beiträge zur Systematik von peritrichen Ciliaten . . . 65

LIEBMANN, H., und KEIZ, G.: Biologisch-chemische Untersuchungen am Lech mit besonderer Berücksichtigung der natürlichen Selbstreinigung . . . 480

LÖFFLER, HEINZ: Vorschlag zu einem automatischen Schlämmverfahren . . . 288

LÖFFLER, HEINZ: Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer. II. Regionallimnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceenfanna . . . 309

MÄDLER, KONRAD: Untersuchungen über den Phosphorgehalt in Bächen . . . 75

MANN, HANS, und SCHMID, OTTO J.: Der Einfluß von Detergentien auf Sperma, Befruchtung und Entwicklung bei der Forelle . . . 419

MIRONOVA, N. V.: Biology of the Barents Sea Saithe, *Pollachius virens* (L.) . . . 447

Publikationen von Prof. Dr. ARNO WETZEL . . . 3

RATHSACK-KÜNZENBACH, RAGNA: Zur Cyanophyceenflora der Westküste von Rügen I . . 653

SCHLÜTER, MARLIS: Die Diatomeen-Gesellschaften des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin. Versuch einer limnosoziologischen Analyse von Kleinalgen-Standorten eines Niedermoorgebietes 562

SCHULZE, EBERHARD: Zur geschmacklichen Beeinflussung von Fischen durch phenolhaltige Abwässer 84

SCHUSTER, GISELA: Die toxische Wirkung von niederen und mittleren Fettsäuren auf einige Ciliaten 91

SCHWABE, G. H., und SIMONSEN, R.: Cyanophyceen und Diatomeen aus der Krateroase Wau-en-Namus (Fezzan, zentrale Sahara) 255

SIMONSEN, REIMER, und KANAYA, TARO: Notes on the Marine Species of the Diatom Genus *Denticula* KÜTZ 498

STERBA, GÜNTHER: Zur Phylogenese des Kiemendarmes der Chordaten 105

UHLMANN, DIETRICH: Über den Einfluß von Planktonorganismen auf ihr Milieu 115

VAAS, K. F.: Das Arbeitsfeld des Hydrobiologischen Institutes, Abteilung Delta-Untersuchungen, in den Niederlanden 292

Veröffentlichungen aus der von Prof. WETZEL geleiteten Abteilung für Trink-, Brauch- und Abwasserbiologie am Zoologischen Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig . 3

WALTER, GÜNTHER, und SCHARF, ROLF: Das biologische Gütebild der unteren Oder und der Lausitzer Neiße 130

WAWRIK, FRIEDERIKE: Die horizontale Verteilung der Planktondiatomeen im Golf von Neapel 460

WEGELIN, RUTH: Über zwei eucavale Crustaceen aus dem interstitiellen Grundwasser der Leipziger Umgebung 162

ZELICKMAN, E. A.: The behaviour pattern of the Barents Sea Euphasiacea and possible causes of seasonal vertical migrations 276

Nachrufe

MUNDIE, J. H.: D. S. RAWSON † 307

GESSNER, FRITZ: FRANZ RUTTNER †. 173

SCHULZ, ERICH: KARL HEINRICH VIETS †. 305

Buchbesprechungen

VON BRAND, THEODOR: Anaerobiosis in Invertebrates 304

CZENSNY, RUDOLF: Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie 301

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. . . . 494

DUNBAR, WILLIAM PH.: Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage 494

DUNCKER, GEORG, bearbeitet von WERNER LADIGES: Die Fische der Nordmark. 298

EIBL-EIBESFELDT, IRENÄUS: Galapagos. Die Arche Noah im Pazifik. 302

EMERY, K. O.: The Sea off Southern California. 302

Essays in Marine Biology, being the RICHARD ELMHIRST Memorial Lectures 303

GILLET, KEITH, and MCNEILL, FRANK: The Great Barrier Reef and Adjacent Isles 303

HENRYSSON, ST., O. W. HASELOFF, H. J. HOFFMANN: Kleines Lehrbuch der Statistik für Naturwissenschaftler, Mediziner, Psychologen, Sozialwissenschaftler und Pädagogen . 494

HÖLL, K.: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser 493

HOUOT, GEORGES, und WILLM, PIERRE: 4000 Meter tief 303

HYNES, H. B. N.: The Biology of Polluted Waters. 496

JOHNSON, FRANK H.: The Luminescence of Biological Systems. 297

KIEFER, H., und und MAUSHART, R.: Überwachung der Radioaktivität in Abwasser und Abluft 664
LANE, FRANK W.: Kingdom of the Octopus. The Life-History of the Cephalopoda . . . 298
LIEBMANN, HANS: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. Band II 299
LIEBMANN, HANS: Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. . . . 300
NICOL, J. A. COLIN: The Biology of Marine Animals 304
Oceanic Observations of the Pacific, 1950 and 1955 302
ODENING, K.: Plagiorchiidae III (Haematoloechinae) und Omphalometridae. Das Tierreich, Lfg. 75 664
PICCARD, AUGUSTE: Über den Wolken, unter den Wellen 303
PRESS, HEINRICH: Taschenbuch der Wasserwirtschaft 301
ROBERT, PAUL A.: Die Libellen (Odonaten) 297
RUDESCU, L.: Rotatoria. Fauna Republicii Populare Romine, Trochelminthes Vol. II, Fasc. II. 299
SCHWEIGGER, ERWIN: Die Westküste Südamerikas im Bereich des Peru-Stroms 296
SIERP, FRIEDRICH: Die gewerblichen und industriellen Abwässer. Entstehung, Schädlichkeit, Verwertung, Reinigung und Beseitigung 301
SOUTHWOOD, T. R., and LESTON, DENNIS: Land and Water Bugs of the British Isles. . . 297
SPARING, INGRID: Die Larven der Hydrachnellae, ihre parasitische Entwicklung und ihre Systematik 299
STANKOVIC, S.: The Balkan Lake Ohrid and its Living World 493
STRICKLAND, J. D. H., and PARSONS, T. R.: A manual of sea water analysis. 496
THÖNY-VOGT, ELSY: Muscheln. Ein Wegweiser zu ungeahnten Sammlerfreuden 298
Vom Wasser. Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik, Band 1958 und Band 1959 495
WITHDROW, ROBERT B.: Photoperiodism and Related Phenomena in Plants and Animals . 297
WUNDT, W.: Gewässerkunde. 493
ZIMMERMANN, M.: Photometrische Metall- und Wasser-Analysen mit Filterphotometern und mit Spektralphotometern 496

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	1—4

Herrn Prof. Dr. Arno Wetzel

zum 70. Geburtstag am 24. April 1960 gewidmet von seinen Schülern und Freunden

Herausgeber und Verlag
der Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie

PUBLIKATIONEN VON PROF. DR. ARNO WETZEL

1922: Zusammen mit P. Schirch: Bulimus e Octopus (Histologische Studien). Rev. Sciencias (Rio de Janeiro) 21—80 (portugiesisch).

1923: Über die cytologischen Differenzierungen am Munde der Ciliaten. Verh. Dtsch. Zool. Ges. *28*, 85—86.

1925: Vergleichend cytologische Untersuchungen an Ciliaten. Arch. Protistenkd. *51*, 209—304.
Zur Morphologie und Biologie von Raphidocystis infestans nov. sp., einem temporär auf Ciliaten parasitierenden Heliozoon. Arch. Protistenkd. *53*, 135—182.

1927: Über zwei noch unbekannte holotriche Ciliaten *Frontoniella complanata* nov. gen. nov. sp. und *Spathidium caudatum* n. sp. Arch. Protistenk. *60*, 130—141.
Beitrag zur Kenntnis der *Trichodina pediculus* Ehrbg. Zschr. Morphol. Ökol. *9*, 719—737.

1928: Zur Frage der Verunreinigung des Bodenseewassers durch den Zufluß der Schussen und die Möglichkeit ihrer Beurteilung durch die Beobachtung der Protozoenbiocönosen. Int. Rev. Hydrobiol. *19*, 217—260.
Der Faulschlamm und seine ziliaten Leitformen. Zschr. Morphol. Ökol. *13*, 179—328.

1928/29: Zusammen mit H. Reichardt: Paraffineinbettungsmethode nach vorhergegangener Zelloidindurchtränkung unter Vermeidung der härtenden Intermedien Xylol, Benzol, Chloroform. Zschr. wiss. Mikr. *45*, 476—479.

1929: Der Faulschlamm und seine ciliaten Leitformen. Forsch. Fortschr. *5*, 309—310.
Die Protozoen der Schneeberger Erzbergwerke. Zool. Jahrb., Syst. *56*, 261—268.

1931: Über die Zucht von Actinosphaerium. Zool. Anz. *96*, 198—200.
Paraffineinbettung über Terpinoel oder Methylbenzoat unter Vermeidung von absolutem Alkohol und Benzol (Xylol, Chloroform) für schwer schneidbare Objekte. Zschr. wiss. Mikr. *48*, 360—365.

1932: Studien über die Biologie der Caprelliden. I: Bewegung, Nahrungserwerb, Aufenthaltsort. Zschr. wiss. Zool. *141*, 347—398.

1933: Studien über die Biologie der Caprelliden. II: Raumorientierung, Farbanpassung und Farbwechsel. Zschr. wiss. Zool. *143*, 77—125.
Biologische Studien an Caprelliden. Forsch. Fortschr. *9*, 365—366.

1934: Über die Zucht von *Amoeba proteus*. Zool. Anz. *105*, 14—16.

1934: Chordotonalorgane bei Krebstieren (*Caprella dentata*). Zool. Anz. *105*, 125—132.

1935: Das Chordotonalorgan in der 1. Antenne der Caprelliden. Zool. Jahrb., Anat. *59*, 355—382.
Über das periphere Nervensystem der Caprelliden. Zschr. Morph. Ökol. *30*, 206—296.

1951: Ein Fluß nach 20 Jahren. Ges.-Ing. *72*, 234—235, 261—264.
Ist der Bodensee noch ein Reingewässer? Jahr. Ber. Ver. f. Seenforschung und Seenbewirtschaftung. Langenargen 1951.
Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Bodensee (Obersee). Gutachten f. Plan.-Büro der Trinkwasserversorgung Württ. Eßlingen 1951.

1952/53: Aktuelle Aufgaben der biologischen Wasseranalyse. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *2*, 445—452.

1953/54: Die aktuelle Situation der deutschen Gewässer. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *3*, 309—315.

1954: Protozoa. In Kästner: Lehrbuch der speziellen Zoologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

1957/58: Über das Eindringen von Mikroorganismen aus Oberflächengewässern in das Grundwasser. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *7*, 255—263.

1958: Bemerkungen über die Biologie von Trinkwasser-Talsperren. Desinfektion und Gesundheitswesen *50*, 97—101.

1958/59: zusammen mit W.-D. Beer: Über Aufgaben und Arbeitsweise der Abteilung für Trink-, Brauch- und Abwasserbiologie. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 1—5.

1960: zusammen mit W.-D. Beer: Aufbau und Aufgaben der Abteilung für Trink-, Brauch- und Abwasserbiologie an der Universität Leipzig. Desinfektion und Gesundheitswesen *52*, 33—38.

1960/61: Einführung in die Nutzwasserbiologie. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, 75—80.

VERÖFFENTLICHUNGEN AUS DER VON PROF. WETZEL GELEITETEN ABTEILUNG FÜR TRINK-, BRAUCH- UND ABWASSERBIOLOGIE AM ZOOLOGISCHEN INSTITUT DER KARL-MARX-UNIVERSITÄT LEIPZIG

(* = Diplomarbeiten, ** = Dissertationen)

*Beer, W.-D.,1954: Über den Einfluß des Phenolgehaltes der Pleiße auf die Mikrolebewelt. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *4*, 125—131.

— 1958: Zur Problematik des biologischen Güteläng sschnittes von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der Weißen Elster. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *8*, 195—199.

**— 1958/59: Untersuchungen über die toxische Wirkung von Phenolen und phenolhaltigen Industrieabgängen auf Wasser- und Landorganismen. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 67—96.

— u. Uhlmann, D., 1959: Die Abteilung für Trink-, Brauch- und Abwasserbiologie am Zoologischen Institut der Karl-Marx-Universität (in: Karl-Marx-Universität Leipzig 1409—1959, Beiträge zur Universitätsgeschichte). Verlag Enzyklopädie Leipzig.

— 1961: Methodologische Untersuchungen zur biologischen Fließgewässeranalyse. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 5—17.

*Beuschold, E., 1961: Limnologische Untersuchungen am Hauptbecken der Saidenbach-Talsperre. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 18—42.

*Flössner, D., 1958/59: Bergbach-Trikladen im Erzgebirge. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 127—150.

— 1959: *Dendrocoelum hercynicum* nov. spec., eine neue Triklade (Turbellaria) aus dem Grundwasser Sachsens. Zool. Anz. *163*, 302—306.

*Hedlich, R., 1960/61: Die Wirkung der Nährstoffauswaschung aus Kahlschlägen auf eine Trinkwasser-Talsperre (Neunzehnhain). Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, 89—92.

*Hoffmann, U., 1958/59: Beiträge zur Biologie eines von thermophilen Chlamydobakterien gebildeten Bewuchses. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 117—126.

— 1959: Über einen von thermophilen Chlamydobakterien gebildeten Bewuchs im Kesselspeisewasser. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *8*, 167—169.

*Kalbe, L., 1958/59: Zur Verbreitung und Ökologie der Wirbeltiere an stillgelegten Braunkohlengruben im Süden Leipzigs. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 431—462.

*Klapper, H., 1957/58: Biologische Untersuchungen an den Einläufen und Vorbecken der Saidenbach-Talsperre (Erzgebirge). Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *7*, 11—47.

— 1960: Bedeutung der Vorbecken an Trinkwassertalsperren, erläutert am Beispiel der Saidenbach-Talsperre. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *40*, 305—309.

— 1960/61: Die Eutrophierung von Trinkwassertalsperren und ihre möglichen Auswirkungen, dargestellt am Beispiel der Saidenbachsperre. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, 81—87.

*Kralik, U., 1957/58: Untersuchungen über den Bewuchs von peritrichen Ciliaten in einigen Fließgewässern bei Leipzig. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *7*, 309—328.

**— 1960: Ein Beitrag zur Biologie von loricaten peritrichen Zitiaten, insbesondere von *Platycola truncata* Fromentel 1874. Arch. Protistenk. *105*, 201—258.

— 1961: Beiträge zur Systematik von peritrichen Ciliaten. Int. Rav. Hydrobiol. *46*, 1, 65—74.

*Lauterbach, F., 1959: Untersuchungen über den Einfluß schwacher Wechselströme auf die Methangärung. Zbl. Bakt. II, *112*, 577—603.

*Mädler, K., 1958/59: Biologische Untersuchungen über Verschmutzung und Selbstreinigung der Parthe. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 97—116.

— 1961: Untersuchungen über den Phosphorgehalt in Bächen. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 75—83.

*Münch, H.-D., u. Petzoldt, H.-G., 1955/56: Zur Fauna des Küstengrundwassers der Insel Hiddensee. Wiss. Zschr. Univ. Greifswald *5*, 462—465.

— 1958: Biologische Untersuchungen zum Konnex Oberflächen-/Grundwasser am marinen Sandstrand. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *8*, 413—436.

*Otto, W., 1957: Über die Ursachen der Verkrautung des Betriebs Stausees Rötha (Pleiße). Wasserwirtschaft-Wassertechnik *7*, 454—455.

*Scharf, R., 1961: Ein Beitrag zur Biologie industrieller Brauchwasseranlagen. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, H. 3 (im Erscheinen).

*Schulze, E., 1953: Über Nitratbehandlung schwefelwasserstoffhaltiger Abwässer und deren Einfluß auf die Mikrolebewelt. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *3*, 387—393.
— 1954: Über die Nitratbehandlung von schwefelwasserstoffhaltigen Abwässern. Gas- und Wasserfach *95*, 452—453.
— 1954/55: Über die biologische Selbstreinigung phenolhaltiger Abwässer. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *4*, 9—11.
— 1956: Über die Ursachen der Verschmutzung von Wasserbecken in Zoologischen Gärten und Wege der Reinhaltung. Der Zoologische Garten (N. F.) *21*, 375—379.
— 1958: Der Kreislauf von Stickstoff, Schwefel und Phosphor im Wasser. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *8*, 38—40.
— 1958: Biologisch-chemische Vorgänge bei der Nitratbehandlung von Abwässern. Verh. int. Ver. Limnol. *13*, 624—627.
**— 1959: Morphologische, cytologische und ökologisch-physiologische Untersuchungen an Faulschlammciliaten (*Metopus sigmoides* Clap. et Lachm. und *Metopus contortus* Lev.). Arch. Protistenk. *103*, 371—426.
— u. Uhlmann, D., 1960: Beitrag zur Faunistik der Barbarossahöhle. Zool. Anz. *164*, 122—132.
*Schuster, G., 1961: Die toxische Wirkung von niederen und mittleren Fettsäuren auf einige Ciliaten. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 91—104.
*Uhlmann, D., 1954: Zur Kenntnis der natürlichen Nahrung von *Daphnia magna* und *Daphnia pulex*. Zschr. Fischerei N. F. *3*, 449—478.
— u. Dunger, W., 1954/55: Biologische Beobachtungen auf einer Fangreise des Loggers „Anton Saefkow" ins Barentsmeer im Juli/August 1952. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *4*, 51—71.
— 1955: Abwasserbedingte Massenentwicklungen von *Daphnia magna* und *Daphnia pulex*. Vom Wasser *22*, 167—175.
— 1958: Die biologische Selbstreinigung in Abwasserteichen. Verh. int. Ver. Limnol. *13*, 617—623.
**— 1958/59: Untersuchungen über die biologische Selbstreinigung häuslichen Abwassers in Teichen. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *8*, 17—66.
— u. Klose, J., 1959: Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten von Oxydationsteichen. Wasserwirtschaft-Wassertechnik *9*, 502—509.
— 1961: Möglichkeiten der Nährstoffrückhaltung in Zuleitern von Trinkwassertalsperren. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, 107—113.
— zusammen mit G. Drews u. H. Prauser, Inst. für Mikrobiologie und experimentelle Therapie, Jena: Massenvorkommen von *Synechococcus planticus* nov. spec., einer solitären planktischen Cyanophycee, in einem Abwasserteich. Arch. Mikrobiol. *39*, 101—115.
— 1961: Über den Einfluß von Planktonorganismen auf ihr Milieu. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 115—129.
— 1961: Wissenschaftliche Bedeutung und gegenwärtiger Zustand der Feldberger Seen. Naturschutzarbeit und naturkundliche Heimatforschung in den Bezirken Rostock—Schwerin—Neubrandenburg (im Erscheinen).
— u. Schulze, E.: Zur Limnologie von Höhlengewässern. Verh. int. Ver. Limnol. *14* (im Erscheinen).
*Walter, G., 1961: Die aktive und passive Einwanderung tierischer und pflanzlicher Organismen in einem neuangelegten Durchflußgraben. Verh. int. Ver. Limnol. *14* (im Erscheinen).
Wegelin, R., 1960/61: Die Grundwasser- und Brunnenfauna. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig *10*, 121—126.
— 1961: Über zwei eucavale Crustaceengattungen aus dem interstitiellen Grundwasser der Leipziger Umgebung. Int. Rev. Hydrobiol. *46*, 1, 162—172.

Außer den in diesem Heft abgedruckten Arbeiten wurden Herrn Prof. Dr. Arno Wetzel zum 70. Geburtstag gewidmet:

Fritz Gessner, Untersuchungen über den Phosphathaushalt des Amazonas. Int. Revue ges. Hydrobiol. *45*, 3 (1960), 339—345.
Hubert Caspers und Helmut Schulz, Studien zur Wertung der Saprobiensysteme. Erfahrungen an einem Stadtkanal Hamburgs. Int. Revue ges. Hydrobiol. *45*, 4 (1960), 535—565.
H. Liebmann und G. Keiz, Biologisch-chemische Untersuchungen am Lech mit besonderer Berücksichtigung der natürlichen Selbstreinigung. Int. Revue ges. Hydrobiol. *46*, 3 (1961).

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	5—17

Wolf-Dietrich Beer

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig

METHODOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR BIOLOGISCHEN FLIESSGEWÄSSERANALYSE

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Die Frage der Zuverlässigkeit der biologischen Methode 5
2. Probenentnahme und -verarbeitung (Mikrolebewelt) 6
   a) Methodik und Berechnung 6
   b) Kritik der Methodik 7
      α) Probenentnahme und Frage der Erfassung der Lebensgemeinschaft 7
      β) Probentransport und -aufbewahrung 10
      γ) Die Probenverarbeitung 13
3. Zur Frage Aufwuchs- oder Schlamm-Wasser-Kontaktprobe 15
4. Diskussion der Ergebnisse 16
5. Zusammenfassung 17
6. Literatur 17

1. Die Frage der Zuverlässigkeit der biologischen Methode

Die biologische Fließgewässeranalyse hat in den letzten Jahren vor allem durch die Lösung angewandter Aufgaben einen großen Aufschwung genommen. Die starke Verunreinigung der meisten Gewässer Europas und Nordamerikas erforderte eine umfassende Gütekontrolle, für welche in zunehmendem Maße auch biologische Gesichtspunkte herangezogen wurden.

In dem Bestreben, vergleichbare biologische Werte neben die chemischen, physikalischen und bakteriologischen Daten zu setzen, wurde dabei vielfach die rein beschreibende Methode für unzureichend erwachtet und danach getrachtet, anschauliche Begriffe und Darstellungen zu erreichen (Liebmann 1954, Knöpp 1954, Pantle u. Buck 1955, Beck 1955, Wurz 1955, Bringmann u. Kühn 1956 u. 1958, Škramek-Hušek 1956, Beer 1958). In Deutschland scheinen sich dabei in immer stärkerem Maße rechnerische und statistische Verfahren durchzusetzen (Knöpp 1955a u. b, Pantle u. Buck 1955, Pantle 1956, Beer 1958, Bandt u. Albrecht 1959).

Zweifelsohne birgt die Anwendung mathematischer Methoden zur Lösung biologischer Probleme stets die Gefahr einer zu großen Schematisierung in sich, die im vorliegenden Fall noch verstärkt wird, da bei der Erfassung von Arten- und Individuenzahlen Fehlerquellen und viele Unsicherheitsfaktoren nicht ausgeschaltet werden können. Denn erwiesenermaßen sind die benthischen Fließgewässerbiozönosen im Vergleich zu allen anderen des Wassers am schwersten quantitativ zu analysieren.

Diese Tatsache hat dazu geführt, daß jede mathematische Behandlung des Materials von vielen Seiten grundsätzlich abgelehnt wird. So spricht sich z. B. auch Liebmann (1959) gegen die oben zitierten Darstellungsmethoden aus, da nach seiner Meinung eine wirklichkeitsgetreue quantitative Erfassung nicht zu erreichen ist. Andererseits gibt es inzwischen eine Menge von veröffentlichten und unveröffentlichten Analysen von verschiedensten Fließgewässertypen nach diesen Methoden, die zu guten und mit anderen

Angaben übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben. Da bislang methodologische Untersuchungen zu diesen Fragen fehlen, wurde der Versuch unternommen, das Problem unter dem Gesichtswinkel der Treffsicherheit und Zuverlässigkeit der biologischen Analyse zu beleuchten. Dabei wurde hier nur die Mikrolebewelt, und zwar vorwiegend die der Schlamm-Wasser-Kontaktzone ausgewertet, da einmal über die Probleme und Methoden zur quantitativen Erfassung der Makrolebewelt in letzter Zeit mehrfach veröffentlicht wurde und zum anderen nach Liebmann (1959) die Mikrolebewelt im Saprobiensystem, das den Auswertungen zugrundegelegt wurde, die erheblichste Rolle spielt. Außerdem birgt gerade die Lebewelt der Schlamm-Wasser-Kontaktzone die größten Schwierigkeiten sowohl bei der Probeentnahme als auch bei der -verarbeitung.

2. Probenentnahme und -verarbeitung (Mikrolebewelt

Die den Untersuchungen zugrunde liegenden Einzelprotokolle gehören zu Proben, die überwiegend dem Flußgebiet der Weißen Elster entstammen.

a) Methodik und Berechnung

Die Entnahme der Proben aus der Schlamm-Wasser-Kontaktzone erfolgte mit dem von Wetzel (1929) vorgeschlagenen L-Heber aus Glasrohr, der günstige Möglichkeiten sowohl bei stärkeren Schlammablagerungen als auch bei geringen Sedimentmengen bietet, da er mit dem freien, kurzen L-Schenkel sowohl flach aufgelegt als auch rechtwinkelig zwischen Steine und Geröllstücke gebracht werden kann, so daß stets die oberste, belebte Schicht erfaßt wird.

Aufbewahrung und Transport der Proben geschah bei dem Material aus der Schlamm-Wasser-Kontaktzone in 100-ml-Pulverflaschen mit Korkstopfen, bei dem Aufwuchsmaterial in 15-ml-Glastübchen mit Korkstopfen bei etwa zwei Drittel Füllung.

Die Durchmusterung der Proben erfolgte bei 80facher Vergrößerung (Leitz Achromat 8fach, Okular 10fach) in einer Petrischale aus Preßglas von 9 cm Durchmesser mit einer Schlamm-Wassermenge von 10 ml.

Die Häufigkeitsangaben erfolgen in einer sechsgliedrigen Skala nach Schätzungen bzw. Schätz-Zählungen in der folgenden Abstufung:

+ = 1— 3 Individuen/durchmusterte Probe
○ = 4— 25 Individuen/durchmusterte Probe
◔ = 26—100 Individuen/durchmusterte Probe
◑ = 1— 3 Individuen/Sehfeld
◕ = 4— 5 Individuen/Sehfeld
● = mehr als 5 Individuen/Sehfeld

Diese Häufigkeitsangaben haben sich bei jahrelanger Benutzung zur Analyse von Fließgewässern gut bewährt. Nach unseren Erfahrungen sind diese Häufigkeitsunterschiede recht gut erfaßbar. Die Berechnung der Saprobiewerte erfolgte nach der Methode von Pantle und Buck (1955), die gegenüber der vom Verfasser (Beer 1958) vorgeschlagenen bei fast übereinstimmenden Werten den Vorteil besitzt, daß sich die Werte mit Hilfe einer Rechenmaschine sehr leicht ermitteln lassen.

Die Berechnungsformel lautet:

$$S = \frac{\Sigma (s \cdot h)}{\Sigma h}$$

wobei s die Kennziffer der Saprobiestufen (oligosaprob = 1, β-mesosaprob = 2, α-mesosaprob = 3, polysaprob = 4) und h die Kennziffer für die Häufigkeit der einzelnen Organismen der Probe darstellt. Für die unterschiedenen Häufigkeitsstufen haben sich die folgenden Zahlenwerte als praktisch erwiesen:

$$+ = 1,\ ○ = 4,\ ◔ = 7,\ ◑ = 10,\ ◕ = 13,\ ● = 16.$$

Weiterhin wurde zur sicheren Erfassung von soziologischer Übereinstimmung oder Unterschiedlichkeit der Artentabellen eine kombinierte Konstanzberechnung eingeführt, die sowohl Differenzen im Artenbestand als auch Häufigkeitsunterschiede der übereinstimmenden Arten berücksichtigt. Die Häufigkeitsunterschiede aller an zwei Aufnahmen beteiligten Formen wurden

durch die Differenz der h-Werte ausgedrückt, wobei für Formen, die nur in einer Aufnahme vertreten waren bei der Gegenaufnahme ein h-Wert von 0 angenommen wurde.

Die Berechnung geschah nach der Formel

$$K = \frac{h_d \cdot n_d}{h_b \cdot n_g},$$

wobei h_d die Summe der Häufigkeitsunterschiede zwischen beiden Aufnahmen, h_b die Summe der Häufigkeitswerte der Bezugsaufnahme, n_d die Zahl der nur in einer Aufnahme vertretenen Arten und n_g die Zahl der beiden Aufnahmen gemeinsamen Arten bedeutet. Die Werte können zwischen 0 und ∞ schwanken, wobei ein niedrigerer Wert immer eine bessere Übereinstimmung angibt. Völlige Übereinstimmung herrscht bei einem K-Wert von 0. Sehr gut ist die Übereinstimmung bei K-Werten bis 1. Alle Werte über 1 deuten bereits auf Unterschiede hin. Bis zu einem K-Wert von 2 kann aber die Übereinstimmung noch als hinreichend angesehen werden.

b) Kritik der Methodik

Da sowohl Probenentnahme als auch Probenverarbeitung Fehlerquellen und Unsicherheitsfaktoren enthalten können, wurde der gesamte Verlauf der Untersuchung einer Kritik unterzogen. Im folgenden werden daher die Probleme der Probenentnahme, der Aufbewahrung und der Verarbeitung abgehandelt.

α) Probenentnahme und Frage der Erfassung der Lebensgemeinschaft

Neben Fragen einer fehlerhaften Entnahmetechnik, die hier als zu komplex und subjektiv bedingt nicht berücksichtigt wurden, spielen bei der Probenentnahme vor allem Wahl der Entnahmestelle und Erfassung einer durchschnittlichen Lebensgemeinschaft die größte Rolle für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Aus methodischen Gründen soll hier die Frage der Erfassung der durchschnittlichen Lebensgemeinschaft vorweggenommen werden. Dieses Problem ist insofern von zentraler Bedeutung, als Unzulänglichkeiten, die hierbei auftreten, im weiteren Verlauf der Probenbehandlung nie wieder ausgeglichen werden können. Bei der relativ zufälligen Aufsammlung von Material des Gewässergrundes mit Hilfe des L-Hebers scheint es durchaus denkbar, daß nur ein kleiner Ausschnitt aus der wirklich vorhandenen Mannigfaltigkeit erfaßt wird. Dadurch würde die biologische Analyse völlig entwertet, da keine vergleichbaren Werte erzielt werden könnten.

Um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurden an verschiedenen Stellen zu verschiedenen Jahreszeiten jeweils mehrere Proben nacheinander vom gleichen Standpunkt aus genommen, so daß das Material von der Fläche eines Halbkreises von etwa 1 bis 1,5 m Radius stammte. Zur Füllung jeder Probeflasche waren dabei etwa 5 bis 15 Heberfüllungen erforderlich.

Die Abb. 1 gibt die Befunde einer relativ armen Probe wieder. Es ist hieraus zu ersehen, daß das Bild der Artenverteilung recht gleichmäßig ist. Größere Abweichungen von Probe zu Probe treten vor allem bei den Klassen geringerer Häufigkeit auf, deren Beobachtung recht zufallsbedingt ist. Die Saprobiewerte zeigen eine recht gute Übereinstimmung. Die Abweichungen von Probe zu Probe betragen 0 bis 4,6 % (Saprobiewert 1,00 bis 3,00 = 300 Einheiten = 100 %).

Der mittlere Saprobiewertunterschied aller vergleichbaren Proben beträgt 3,5 %, die Extreme liegen bei 0,0 und 14,6 %. Die Stetigkeit der einzelnen Arten hinsichtlich ihrer Häufigkeit schwankt etwas stärker. Zur Erfassung dieses Wertes enthält die Abb. 1 die Angabe der mittleren Häufigkeit einer Art und die auf diesen Mittelwert bezogenen K-Werte der einzelnen Proben. Die sehr niedrigen K-Werte zeigen, daß alle Aufnahmen noch zur gleichen Lebensgemeinschaft gehören.

Es kann hieraus gefolgert werden, daß das von einer Probestelle gewonnene Bild der objektiven Realität entspricht.

Polysaprobier:							
Sphaerotilus natans	◕	○	◕	◑	◕	◕	= 13
Beggiatoa alba	+	+	+	+	+	+	= 1
Colpidium colpoda	+	○	○		○	+	= 3
Glaucoma scintillans	○	+	+	+	+	+	= 2
Amoeba limax	+	+	+	+	+	+	= 1
Vorticella microstoma	+			○	+	+	= 1
Paramecium putrinum	○	○	○	○	○	○	= 4
Metopus sigmoides		+					= 0
Lagynus elegans	+			+			= 0
α-Mesosaprobier							
Mucor racemosus	+	◔	○	◔	○	○	= 5
Carchesium polypinum		+	+				= 0
Paramecium caudatum	○	+	+		○	+	= 2
Cilodonella cucullata	+		+		○	—	= 1
Begleiter:							
Rotifer vulgaris			+				= 0
Hemiophrys procera			+				= 0
Lionotus lamella				+	+		= 0
Σ *hp*	26	28	24	22	25	25	
Σ *ha*	6	9	7	7	12	8	
Saprobiewert	3,81	3,76	3,77	3,76	3,67	3,75 + 0,04	
K-Werte	0,03	0,09	0,08	0,15	0,03		

Abb. 1. Übereinstimmung des Artenbestandes von fünf Proben von einer Stelle (Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959) (rechte Spalte = Mittelwerte der Proben).

Danach bleibt zu untersuchen, welcher Abschnitt eines Flußlaufes durch eine Einzelprobe signifikant vertreten wird. Hierzu ist erforderlich, daß in größeren und kleineren Abständen Proben entnommen und auf ihre Übereinstimmung oder Unterschiedlichkeit hin untersucht werden. Selbstverständlich sind hier die Variationsmöglichkeiten sehr groß. Auch gibt es Grenzen hinsichtlich der Forderung der Übereinstimmung. So ist bei intensiven Selbstreinigungszonen kaum eine Übereinstimmung über größere Strecken zu verlangen. Ebenso muß berücksichtigt werden, daß oberhalb und unterhalb eines Wehrstaues oder an verschiedenen Ufern eines Flusses unterhalb eines andersartigen Zuflusses unterschiedliche Lebensbedingungen herrschen, die sich auf das Bild der Lebensgemeinschaft auswirken. Als Beispiel hierfür sind in Abb. 2 die Protokolle zweier Untersuchungen an der Gera dicht unterhalb des Zuflusses der Kläranlage Erfurt angeführt. Die Saprobiewertdifferenz zwischen beiden Ufern beträgt hier 12 %, da der Vorfluter bereits oberhalb stark belastet ist. Sie kann in anderen Fällen noch weitaus größer werden.

Daß oberhalb und unterhalb von Einleitungen selbst auf kleinem Raum größere Unterschiede auftreten, braucht kaum erwähnt zu werden. Die hier auftretenden Saprobiewertdifferenzen übertreffen die bei Entnahme an einer Stelle vorkommenden bei weitem. Selbst bei bereits stark vorbelasteten Flüssen betragen sie meist noch über 20 %.

Zur Frage der Gültigkeit der Angaben auf eine bestimmte Flußstrecke liegen 67 Daten vor, die am gleichen Ufer in Entfernungen von 3 bis 1200 m gewonnen wurden. Die mittlere Abweichung zwischen zwei Probestellen beträgt 5,2 %. Dabei liegen die höchsten Werte erwartungsgemäß bei den größten Entfernungen (Abb. 3). Wenn man die Werte für Entfernungen von 1200 m (17 %) und 1000 m (15 %) außer acht läßt, da sie bereits auf Veränderungen im Flußlauf hinweisen, ergibt sich ein Mittelwert von 4,5 % bei Extremwerten von 0,3 und 18 %. Diese liegen nicht wesentlich höher als die Differenzwerte von Proben, die an nur einer Stelle gezogen wurden. Daraus läßt sich ableiten, daß die an einer Probestelle ermittelten Werte im Normalfall für eine Flußstrecke von mindestens 100 m hinreichende Gültigkeit besitzen.

Polysaprobier:	1	2
Spharotilus natans	◕	○
Trigonomonas compressa	◔	+
Trepomonas rotans	+	
Beggiatoa alba	+	
Spirillium undulans	+	
Zoogloea ramigera	+	
Amoeba limax	+	+
Colpidium colpoda	◑	○
Glaucoma scintillans	+	○
Glaucoma pyriformis	○	+
Paramecium putrinum	○	
Dexiotrichites centralis		○
α-Mesosaprobier:		
Chilodonella cucullata	◔	○
Chilodonella unciniata		+
Paramecium caudatum	+	
Lionotus fasciola		+
Uronema marinum		+
Oscillatoria limosa		+
β-Mesosaprobier:		
Pinnularia mayor	+	
Melosira varians		+
Stauroneis phoenicenteron		+
Synedra ulna		+
Aspidisca lynceus	+	○
Saprobiewert	3,78	3,42
K-Wert	2,62	

Abb. 2. Artentabelle zweier Proben von gegenüberliegenden Flußufern unterhalb eines Kläranlagenzuflusses (Gera unterhalb der Kläranlage Erfurt, 24. 2. 1960). 1 = Ufer des Zuflusses, 2 = Gegenufer.

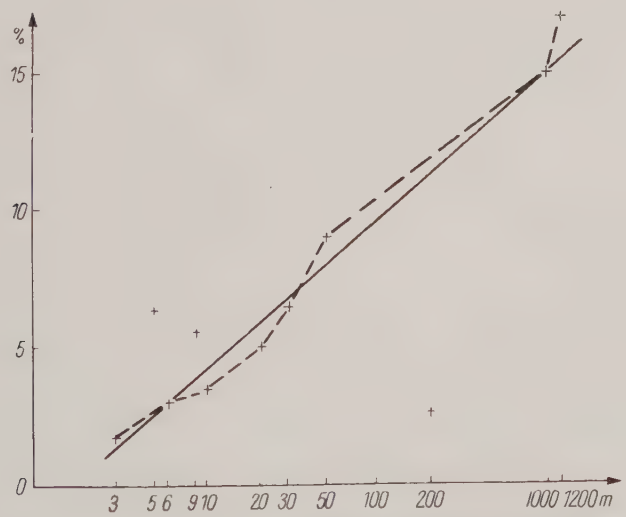


Abb. 3. Mittlere Saprobiewertabweichungen von Proben, die in verschiedenen Entfernungen voneinander entnommen wurden.

Eine Übereinstimmung der Probenergebnisse von einer Stelle zu verschiedenen Zeiten ist im abwasserbelasteten Fluß nicht zu verlangen, da die Lebewelt auf die unterschied-

lichen Bedingungen, die Abwasseranfall und Verdünnung mit sich bringen, sehr fein reagiert. Gerade diese Tatsache macht ja die Mikrolebewelt für die Beurteilung des mittleren aktuellen Zustandes eines Gewässers wichtig, während die Makrofauna Rückschlüsse auf das Durchschnittsverhalten und etwaige Extremwerte zuläßt. Die Schwankungen des Saprobiewertes sind an einer Probestelle im Laufe des Jahres meist recht erheblich. Gut ist hier nur die Übereinstimmung in völlig ausgeglichenen Flußstrecken oder unterhalb der als Puffer dienenden Flußstaue (Beer 1958).

Die vorstehenden Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß sachgemäß entnommene Proben der Schlamm-Wasser-Kontaktzone zuverlässige Grundlagen für die Beurteilung des Gewässerzustandes bilden, und daß die Erfassung der realen Verhältnisse auch in quantitativer Hinsicht hinreichend genau erfolgt.

β) Probentransport und -aufbewahrung

Wie schon Liebmann (1951) betont, ist es außerordentlich wichtig, die biologischen Proben alsbald nach der Entnahme, spätestens jedoch nach 12 bis 24 Stunden, zu untersuchen. Da die sofortige Durchmusterung von Proben bei ausgedehnten Fahrten oft auf kaum überwindbare Schwierigkeiten stößt, müssen die Proben doch längere Zeit transportiert und aufbewahrt werden. Um die Folgen solcher Verzögerungen auf Artenbestand und Saprobiewert zu überprüfen und ferner auch den Einfluß der Temperatur zu ermitteln, wurden parallel entnommene Proben über Tage hin im dunklen Brut- bzw. Kühlschrank bei konstanten Temperaturen aufbewahrt und immer wieder untersucht.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen die Abb. 4 bis 8. In Abb. 4 sind hierbei die Saprobiewerte zweier solcher Probeserien für verschiedene Temperaturen über 10 Tage hin aufgetragen. Der Vergleich der einzelnen Kurven zeigt, daß die geringsten täglichen Schwankungen bei der Aufbewahrung bei + 4°C eintreten und eine Zunahme der Schwankungen bei Erhöhung der Temperatur zu verzeichnen ist. Die Ursachen dürften in einer Beschleunigung der Lebensprozesse und daher auch des biologischen Abbaus zu suchen sein. Diese Faktoren wirken wiederum auf die physikalisch-chemischen Verhältnisse des Milieus ein, so daß sich die Proben rasch in ihrer Zusammensetzung ändern. Über diese Änderung im Artenbestand geben die Abb. 6 und 7 für Temperaturen von + 4°C und + 30°C Auskunft. Der Augenschein zeigt bereits, daß der Bestand bei + 4°C

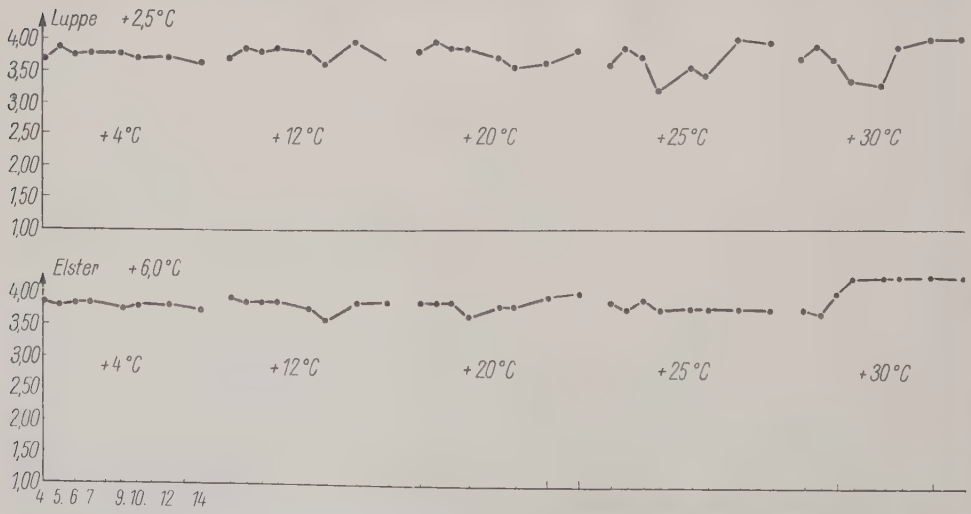


Abb. 4. Saprobiewertänderungen in Proben bei verschiedenen Aufbewahrungstemperaturen.

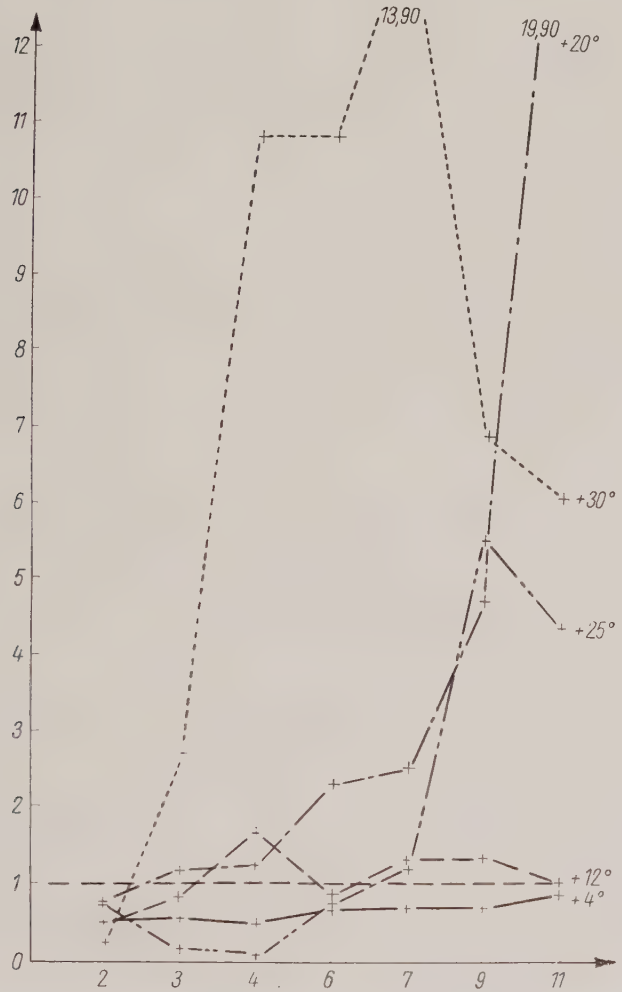


Abb. 5. Veränderungen des biologischen Bildes einer Probe bei Aufbewahrung unter verschiedenen Temperaturen, dargestellt als Ganglinie der Konstanz- (*K*-) Werte (Ausgangsmaterial: Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959).

recht konstant bleibt, während er sich bei + 30 °C völlig ändert. Sehr gut kommt dies auch in Abb. 5 zum Ausdruck, die für die gleichen Proben von der Weißen Elster bei Lützschena die kombinierten Konstanzwerte widergibt. Hierbei wurde jeweils der Bestand der ersten Untersuchung als Bezug verwendet. Während bei Aufbewahrung bei + 4 °C die Werte nur sehr wenig differieren und sämtlich unter dem kritischen Wert von 1,00 liegen, zeigen die anderen Kurven für höhere Temperaturen immer größere Schwankungen. Eine gute Konstanz ist daher nur für die Aufbewahrung bei + 4 °C und eventuell bei + 12 °C (*K*-Werte bis 1,7) sowie für die bei Temperaturen von + 20 °C und + 25 °C für die ersten Tage gewährleistet.

Abb. 8 zeigt endlich die prozentuale Saprobiewertabweichung in den Mittelwerten aus allen Aufnahmen. Auch hier ergeben sich bei der Temperatur von + 4 °C die besten Übereinstimmungen. Es kann daher gefolgert werden, daß die zeitliche Veränderung

Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959
Aufbewahrung bei + 4 °C

Polysaprobier:	4. 2.	5. 2.	6. 2.	7. 2.	9. 2.	10. 2.	12. 2.	14. 2.
Sphaerotilus natans	●	●	◕	◑	◑	◑	◑	◑
Beggiatoa alba	+		+	○	○	◔	◔	○
Colpidium colpoda	○	◔	◔	◔	◔	○	◔	○
Glaucoma scintillans	+		+	+		+	+	
Amoeba limax	+							
Vorticella microstoma		○						+
Paramecium putrinum	○	◔	○	○	○	◔	○	◔
Metopus sigmoides	+							
α-Mesosaprobier:								
Mucor racemosus	◔	◔	○	◔	◔	◔	◔	○
Carchesium polypinum	+							
Paramecium caudatum	+	○		+	○	○	○	○
Chilodonella cucullata				+	+	+	+	+
Begleiter:								
Colpidium campylinum			◔	○	○	◔	○	○
Rotifer vulgaris				+				
Lionotus lamella					+	+	○	○
Σ *h*	37	56	41	40	42	49	49	46
Saprobienwert	3,76	3,67	3,61	3,63	3,67	3,64	3,64	3,55
K-Wert		0,50	0,54	0,49	0,68	0,69	0,69	0,88

Abb. 6. Änderung des biologischen Bildes einer Probe bei Aufbewahrung unter einer Temperatur von + 4 °C. (Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959).

Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959
Aufbewahrung bei + 30 °C

Polysaprobier:	4. 2.	5. 2.	6. 2.	7. 2.	9. 2.	10. 2.	12. 2.	14. 2.
Sphaerotilus natans	◕	◔	◔					
Beggiatoa alba	+	+	◔	+	+	+	+	+
Colpidium colpoda	○							
Paramecium putrinum	○	○						
Glaucoma scintillans	+							
Amoeba limax	+							
Vorticella microstoma	+	+	○				+	+
Zoogloea ramigera							+	
α-Mesosaprobier:								
Mucor racemosus	○	○						
Paramecium caudatum	○	○						
Chilodonella cucullata	○							
Chilodonella unciniata			+					
Begleiter:								
Lionotus lamella	+	+						
Rotifer vulgaris		+						
„Grüne Bakterien“						◑	◑	◑
Σ *h*	38	22	24	1	1	11	13	12
Saprobiewert	3,67	3,62	3,95	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
K-Werte		0,27	2,76	10,9	10,9	13,9	6,95	6,15

Abb. 7. Änderung des biologischen Bildes einer Probe bei Aufbewahrung unter einer Temperatur von + 30 °C (Weiße Elster bei Lützschena, 4. 2. 1959).

des Artenbestandes in einer Probe stark temperaturabhängig ist. Für die Praxis der hydrobiologischen Untersuchungsarbeit ergibt sich, daß die entnommenen Proben bei möglichst niedrigen Temperaturen, am günstigsten um + 4 °C, aufbewahrt werden sollen. Die Untersuchung sollte so zeitig wie möglich nach der Probenentnahme erfolgen.

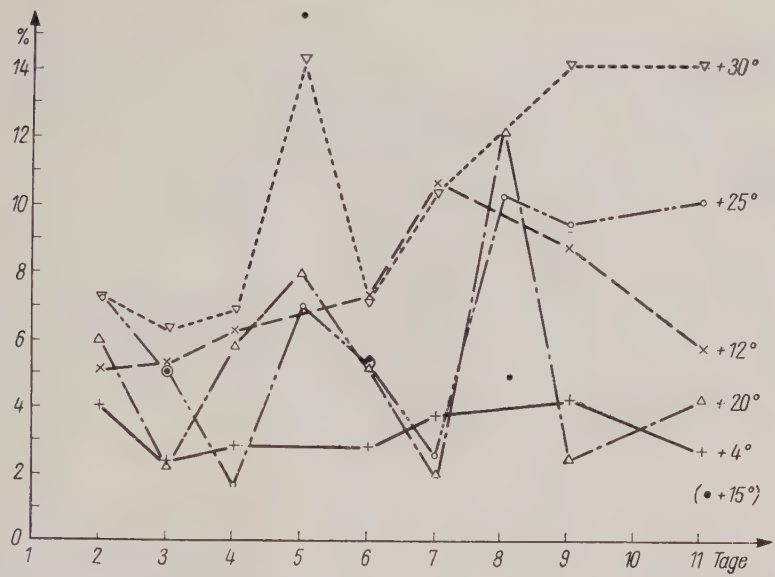


Abb. 8. Mittelwerte der prozentualen Saprobiewertabweichung bei Aufbewahrung unter verschiedenen Temperaturen.

γ) Die Probenverarbeitung

Auch die Verarbeitung der Proben im Labor bringt eine Anzahl von Unsicherheitsfaktoren mit sich. So wird z. B. nicht das gesamte entnommene Material durchgemustert, sondern es werden von den etwa 70 ml Material in der Probenflasche nur 10 ml in die Petrischale gegeben, und von diesen werden nur wieder wenige Kubikmillimeter unter dem Mikroskop durchmustert. Es fragt sich, ob hierbei nicht wesentliche Teile der vorhandenen Population übersehen werden. Ferner spielt auch die Zeitdauer der Untersuchung eine Rolle, da die Wahrscheinlichkeit der Erfassung aller Formen mit der Länge der Untersuchung zunimmt. Um über diesen Fragenkomplex Klarheit zu erhalten, wurden in einigen Fällen Proben mehrfach hintereinander untersucht. Es konnte so bestimmt werden, in welchem Maße die Erfassung des Artenbestandes einer Probe von Zufälligkeiten bei der Durchmusterung abhängig ist. Hierzu war es erforderlich, für diese Untersuchungen eine einheitliche Basis zu schaffen. Es wurden aus diesem Grunde, wie von Mädler (1959) angegeben, je 100 Sehfelder durchmustert und versucht, alle Organismen in diesen zu zählen. Eine einigermaßen exakte Zählung war jedoch lediglich bis zu einem Vorkommen von etwa 6 bis 8 Individuen pro Sehfeld möglich. Bei Massenentwicklungen konnten die Zahlen nur geschätzt werden. In einigen Fällen wurden für häufige Arten nur die Zahlen von 3 bis 20 Sehfeldern angegeben, während dann die ungeteilte Aufmerksamkeit weniger häufigen Formen galt. Selbstverständlich haften diesen Zählungen große Fehler an. Es wäre daher falsch, die Individuenzahlen zur Grundlage der Aussagen zu wählen. Sie wurden lediglich als Hilfsmittel zur objektiveren Festlegung der oben angeführten Häufigkeitsklassen für jede Art benutzt, da gerade bei solchen Vergleichen auch der erfahrene Untersucher sehr leicht der suggestiven Kraft der vorigen Probe erliegt.

Der kombinierte Konstanzwert für diese Proben von 0,77 ± 0,55 zeigt, daß im allgemeinen eine gute Übereinstimmung zwischen den Proben herrscht. Allerdings zeigt der Maximalwert mit $K = 3{,}28$, daß in einzelnen Fällen selbst innerhalb einer Probeflasche bedeutende Unterschiede auftreten können. In den Fällen, in denen solche hohen

Werte auftraten, war die erste Probeentnahme stets von der Oberfläche der abgesetzten Probe entnommen worden, während die anderen Entnahmen aus durch Umschütteln aufgewirbeltem Material bestanden. Vor allem bei Proben, die fäulnisfähige Substanz enthalten, ist zu beobachten, daß sich dann die Formen niederer Saprobiestufen an der Oberfläche der Schlammschicht oder im freien Wasser aufhalten, während die Verschmutzungsanzeiger die Innenräume des Schlammes besiedeln. Daher liegt auch der Saprobiewert oberflächlich abgesaugter Proben aus einer Flasche fast stets niedriger als der von Proben, die nach Umschütteln entnommen wurden. Es ist daher zu fordern, daß bei größerem Sedimentanteil in der Probe die Probeflasche vor Entnahme des Durchmusterungsmaterials stets umgeschüttelt wird.

Die Saprobiewertabweichungen betragen 0,14 Einheiten mit einer mittleren Schwankung von 0,11 und Extremen von 0,00 und 0,56 Einheiten. Die Fehlergrenze liegt entsprechend bei 4,7 ± 3,7 %. Für biologisches Material ist diese Abweichung als durchaus normal und zulässig anzusehen.

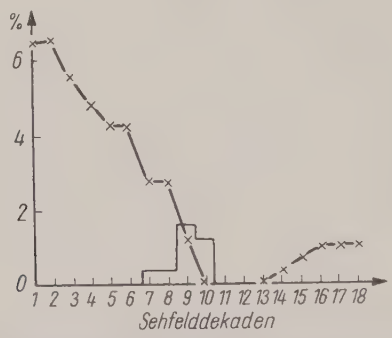


Abb. 9. Die Erfassung des Saprobiewertes einer Probe bei fortschreitender Durchmusterung. Ausgezogene Linie: Saprobiewertabweichungen von dem Wert für die Durchmusterung von 100 Sehfeldern in Prozent.
Säulen: Häufigkeitsverteilung der Aufnahmen, die bei der angegebenen Dekade den Saprobiewert der 10. Dekade erreichen.

Die für die Verarbeitung einer Probe erforderliche Zeit wurde ermittelt, indem bei sehfelddekadenweise ausgezählten Proben die Ergebnisse von Dekade zu Dekade fortschreitend auf 100 Sehfelder umgerechnet wurden. Es ließ sich so erkennen, wieviele Sehfelder durchmustert werden müssen, bis ein zufriedenstellend zuverlässiges Ergebnis erzielt wird. In Abb. 9 ist die mittlere Saprobiewertabweichung bezogen auf die Werte von 100 ausgezählten Sehfeldern aufgetragen worden. Die Werte sinken von den beiden ersten Dekaden (6,4 und 6,5 %) an ziemlich regelmäßig. Eine über die Zahl von 100 Sehfeldern hinaus fortgesetzte Untersuchung bringt zunächst keine Abweichung. Erst ab der 14. Dekade treten wieder Differenzen auf, die bei den zur Verfügung stehenden Untersuchungen zu einer maximalen Abweichung von 1 % führen. Es läßt sich daher feststellen, daß eine von Mädler (1959) empirisch festgelegte Zahl von 100 Sehfeldern als ausreichend für die zufriedenstellend genaue Erfassung einer Gesellschaft angesehen werden kann. Die in Abb. 8 noch eingetragenen Säulen zeigen, bei welcher Dekade der Saprobiewert der 10. Dekade endgültig erreicht wurde. Dies ist von der siebenten an möglich, kommt am häufigsten aber bei der 9. und 10. Dekade vor. Auch diese Verhältnisse sprechen für eine Durchmusterung von 100 Sehfeldern.

Für die Praxis ist nun in erster Linie aber der Zeitbedarf für die Untersuchung einer Probe wichtig. Aus diesem Grunde wurde in Abb. 10 eingetragen, wie viele Minuten zur Durchmusterung von 100 Sehfeldern benötigt wurden. Es ist zu ersehen, daß ein Maximum

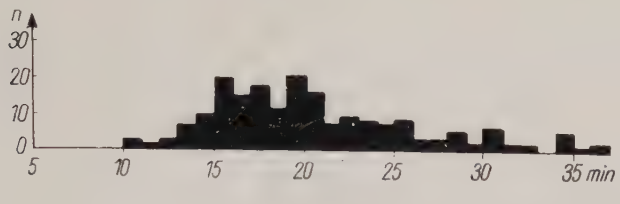


Abb. 10. Zeitbedarf für die Durchmusterung von 100 Sehfeldern einer Probe.

zwischen 16 und 20 Minuten liegt. Im Mittelwert aus 185 Proben liegt der Zeitbedarf bei 21 Minuten für 100 Sehfelder. Diese Zeiten werden erfahrungsgemäß auch etwa benötigt, wenn eine Probe so lange durchmustert wird, bis über längere Zeit keine wesentliche Änderung im Bild der Probe mehr eintritt. Es muß allerdings betont werden, daß dies reine Durchmusterungs- und Protokollierungszeiten für gut eingearbeitete Untersucher sind. Bestimmungen müssen außerhalb dieser Zeit durchgeführt werden.

3. Zur Frage Aufwuchs- oder Schlamm-Wasser-Kontaktprobe

Über die Bedeutung dieser beiden Biozönosen für die Erfassung der Verhältnisse im Vorfluter gehen die Meinungen sehr auseinander. Zweifelsohne ist die Aufwuchslebensgemeinschaft der fließenden Welle viel stärker ausgesetzt als die der Schlamm-Wasser-Kontaktzone. Andererseits ist aber der Schlamm vor allem auch durch die Tätigkeit der Lebensgemeinschaft in ihm stark an der Veränderung der Bedingungen im Fluß beteiligt. Es lassen sich daher für beide Gründe finden, die eine stärkere Beachtung ratsam erscheinen lassen. Von methodologischer Sicht her ist festzustellen, daß natürlich im Arten-

Abb. 11. Gütelinie der Weißen Elster zwischen Osida und Leipzig während der Kampagne der Zuckerindustrie 1958/59.

bestand zwischen beiden ein erheblicher Unterschied bestehen muß. Ebenso groß ist in den meisten Fällen jedoch auch der Unterschied im Saprobiewert. Diese Erscheinung ist offenbar nicht zufälliger Natur, sondern auf die unterschiedliche Einfügung beider Biozönosen in die Vorgänge im Vorfluter zurückzuführen. Während nach einem Zufluß frischen organischen Abwassers die der fließenden Welle exponierte Aufwuchsbiozönose die höheren Werte aufweist, nähern sich im Laufe der natürlichen Selbstreinigung die Werte beider, und schließlich sinkt der der Aufwuchsbiozönose unter den der Schlamm-Wasser-Kontaktzonen-Gesellschaft. Im Lauf des Flusses ist eine primäre oder sekundäre Anreicherung der Schmutzstoffe im Schlamm erfolgt, so daß dessen Lebensgemeinschaft erst unterhalb einer Einleitung die stärkste Verschmutzung anzeigt. Zur Verdeutlichung dieser Verhältnisse soll die Abb. 11 dienen, die die Verhältnisse in der Weißen Elster unterhalb der Zuckerfabrik Zeitz während der Kampagne in Mittelwerten aus dem Winter 1958/59 zeigt.

Um zu einer wirklichkeitsnahen Darstellung der Fließgewässerverhältnisse zu gelangen, ist anzuraten, wenn möglich beide Biozönosen zu erfassen und getrennt anzugeben. Auf alle Fälle ist es erforderlich, bei jeder biologischen Untersuchung zu vermerken, ob der Aufwuchs oder die Schlamm-Wasser-Kontaktzone berücksichtigt wurden.

4. Diskussion der Ergebnisse

Die vorstehenden methodologischen Untersuchungen zeigen, daß die Fehler, die der biologischen Erfassung der Vorfluterverhältnisse anhaften, in der Größenordnung von 3 bis 5% liegen. Hierbei liegen die größten Fehlerquellen unter den angegebenen methodischen Voraussetzungen nicht in der Probenentnahme, sondern in der Verarbeitung. Mit solchen Fehlern muß bei jeder biologischen Untersuchung gerechnet werden, da sich Lebensvorgänge, vor allem aber synökologische Prozesse, nie völlig fest in ein Schema einfügen lassen. Die auftretenden Differenzen können aber in keinem Fall den Wert solcher biologischer Untersuchungen schmälern. Es scheint nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen auch zulässig zu sein, bei der Erfassung von Fließgewässerbiozönosen quantitativ zu arbeiten sowie zur Auswertung solcher Arbeiten statistisch-rechnerische Methoden zu benutzen. Die Anwendung solcher Methoden, die in anderen zönologischen Disziplinen schon längst unumstritten ist, kann wesentlich feinere Unterscheidungen erlauben als dies z. B. mit Hilfe einer schematischen Anwendung des Saprobiensystems möglich ist. Es kann deshalb auch Liebmann (1959) nicht zugestimmt werden, der eine Unterscheidung von 4 Saprobiestufen in der Gewässeranalyse für ausreichend hält und nur noch Mischstufen zwischen je 2 Saprobiestufen anerkennt. Gerade beim Studium von Abwassereinflüssen und Selbstreinigungsvorgängen auf kleinem Raum gibt die Darstellung des Gütelängsschnittes auf der Grundlage des Saprobiewertes durch das Auf und Ab der Gütelinien gute Hinweise.

Einschränkend muß allerdings bemerkt werden, daß die Errechnung von Saprobiewerten für den Biologen nie Selbstzweck werden darf, sondern daß sie stets Hilfsmittel für die bessere Interpretation der soziologischen Tabellen bleiben muß. Auch dem Nichtbiologen muß dies stets deutlich gemacht werden.

Für die praktische Arbeit läßt sich schlußfolgern, daß bei sorgfältiger Entnahme, die im übrigen sehr wenig Zeit erfordert, und rechtzeitiger Verarbeitung der möglichst kühl gehaltenen Proben der Mikrolebewelt bereits nach etwa 20 bis 25 Minuten Untersuchungsdauer relativ zuverlässige Aussagen über die Zusammensetzung der Mikrolebewelt eines Fließgewässerabschnittes gemacht werden können. Es empfiehlt sich, Aussagen über den Zustand eines Gewässers nicht nur auf einen Teil der Lebewelt zu begründen, sondern wie dies allgemein gefordert wird (z. B. Liebmann 1951, Patrick 1949) — alle Glieder

einer Lebensgemeinschaft und alle Lebensgemeinschaften einer Probestelle zu berücksichtigen und für das Urteil deren spezifische Aussagemöglichkeiten zu nutzen.

5. Zusammenfassung

Es wurden methodologische Untersuchungen über die Erfaßbarkeit der Mikrolebewelt der benthischen Biozönosen vorgelegt. Diese lassen erkennen, daß bei sorgfältigem Arbeiten eine quantitative Erfassung der Lebewelt und deren statistisch-rechnerische Auswertung mit befriedigenden Resultaten möglich ist. Die Widerspiegelung der Verhältnisse am Ort der Probennahme in einer Heberprobe ist als gut zu bezeichnen. Aufwuchs- und Schlamm-Wasser-Kontakt-Lebensgemeinschaft zeigen charakteristische Unterschiede.

Die Berechnung der Ergebnisse als Saprobiewerte erscheint gerechtfertigt.

6. Literatur

Bandt, H. J., u. Albrecht, M.-L., 1959: Der bisherige Status von Chemismus und Biologie in der Spree. Wasserwirtschaft, Wassertechnik **9**.

Bebr, W.-D., 1958: Zur Problematik des biologischen Gütelängsschnittes von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der Weißen Elster. Wasserwirtschaft, Wassertechnik **8**.

Beck, M. W., 1955: Suggested method for reporting biotic data. Sew. a. Ind. Wastes **27**.

Bringmann, G., u. Kühn, R., 1956: Der Algentiter als Maßstab der Eutrophierung von Wasser und Schlamm. Ges. Ing. **77**.

— 1958: Der Biomassen-Titer von Spaltpilzen als Maßstab der Belastung des Wassers durch nicht mineralisierten Stickstoff. Ges. Ing. **79**.

Knöpp, H., 1954: Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen. Die Wasserwirtschaft **45**.

— 1955a: Abwasserlastplan und biologischer Gütelängsschnitt, ein kritischer Vergleich. Die Wasserwirtschaft **46**.

— 1955b: Eine neue Methode zur biologischen Untersuchung von verschmutzten Flüssen, dargestellt an einem Abschnitt des Mains. Wasserwirtschafts-Technik **45**.

Liebmann, H., 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Bd. 1, R. Oldenbourg Verlag, München.

— 1954: Biologie der Donau und des Mains. Münch. Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie **2**.

— 1959: Methodik und Auswertung der biologischen Wassergüte-Kartierung. Münch. Beitr. u. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie **6**.

Mädler, K., 1959: Biologische Untersuchungen über Verschmutzung und Selbstreinigung der Parthe. Wiss. Zschr. Univ. Leipzig **8**.

Pantle, R., 1956: Biologische Flußüberwachung. Die Wasserwirtschaft **46**.

— u. Buck, H., 1955: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. GWF **96**.

Patrick, R., 1949: A Proposed Biological Measure of Stream Conditions, Based on a Survey of the Conestoga Basin, Lancaster County, Pennsylvania. Proc. Acad. of Natural Sciences of Philadelphia **401**.

Škramek-Hušek, R., 1956: Zur biologischen Charakteristik der höheren Saprobietätsstufen. Arch. Hydrobiol. **51**.

Wetzel, A., 1929: Der Faulschlamm und seine ziliaten Leitformen. Zschr. f. Morph. u. Ökologie d. Tiere **13**.

Wurtz, C. B., 1955: Stream biota and stream pollution Sew. a. Ind. Wastes **27**.

Dr. Wolf-Dietrich Beer,
Leipzig C 1, Talstraße 33.
Zoologisches Institut, Abteilung
für Trink-, Brauch- und
Abwasserbiologie

Int. Revue ges. Hydrobiol	46	1	1961	18—42

Erhard Beuschold

Wasserwirtschaftsdirektion Magdeburg, Untersuchungsstelle Bodewerk

LIMNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AM HAUPTBECKEN DER SAIDENBACH-TALSPERRE

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Die Saidenbach-Talsperre und ihr Niederschlagsgebiet . . . 18
   a) Geographie, Geologie, Meteorologie, Morphometrie und Hydrologie . . . 18
   b) Maßnahmen zur Reinhaltung des Wassers . . . 21
2. Die physikalischen und chemischen Verhältnisse . . . 21
   a) Temperatur und Temperaturschichtung . . . 21
   b) Sauerstoff . . . 24
   c) Kohlensäure . . . 26
   d) Härte und pH-Wert . . . 26
   e) Nitrat und Phosphat . . . 26
3. Das Plankton . . . 27
   a) Methodik . . . 27
   b) Verzeichnis der gefundenen Planktonarten . . . 27
   c) Zusammensetzung des Planktons . . . 29
   d) Jahreszeitliche Planktonverteilung . . . 29
   e) Vertikale Planktonverteilung . . . 32
   f) Horizontale Planktonverteilung . . . 35
4. Ufer und Benthal . . . 35
   a) Der Streifen untergetauchter Landpflanzen . . . 36
   b) Der überstaute *Juncus-supinus*-Rasen . . . 36
   c) Das Steinufer . . . 36
   d) Der Sandboden . . . 36
   e) Der Cyanophyceen-Gürtel . . . 38
   f) Das Profundal . . . 38
   g) Das Sediment im Profundal . . . 39
5. Der Trophiegrad . . . 40
6. Zusammenfassung . . . 41
7. Literatur . . . 41

Dieser Arbeit liegen Untersuchungen, die in den Jahren 1955/56 am Zoologischen Institut Leipzig im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt wurden, sowie spätere Beobachtungen zugrunde.

Im gleichen Zeitraum untersuchte Klapper (1957) die Zuflüsse und Vorbecken der Saidenbachsperre.

Limnologische Untersuchungen sind in diesem Falle besonders interessant, weil die Saidenbach-Talsperre vor dem Anstau völlig beräumt wurde, jedoch ein dicht besiedeltes, landwirtschaftlich genutztes Einzugsgebiet hat.

1. Die Saidenbach-Talsperre und ihr Niederschlagsgebiet

a) Geographie, Geologie, Meteorologie, Morphometrie und Hydrologie

Die Saidenbach-Talsperre (13° 14′ ö. L. und 50° 44′ n. B.) im mittleren Erzgebirge wurde 1933 in Betrieb genommen. Der Wasserspiegel liegt bei Vollstau 438,80 m über NN. Das 75,6 km² große Einzugsgebiet steigt auf über 700 m über NN an. Es ist stellenweise bewaldet und zum

größten Teil landwirtschaftlich genutzt. Die Staumauer wurde im Tal des Saidenbaches, der in die Flöha mündet, errichtet. Die Talsperre wird von den vier Zuflüssen Haselbach, Saidenbach, Lippersdorfer Bach und Hölzelbergbach gespeist. An den drei erstgenannten Bächen liegen sieben Dörfer mit zusammen rund 10000 Einwohnern (Abb. 1).

Das anstehende Gestein ist im Niederschlagsgebiet und der weiteren Umgebung fast ausschließlich Gneis (besonders Biotit- und Muscovitgneise). Gneisverwitterungsboden ist deshalb vorherrschend.

Abb. 1. Die Saidenbach-Talsperre und ihr Niederschlagsgebiet.

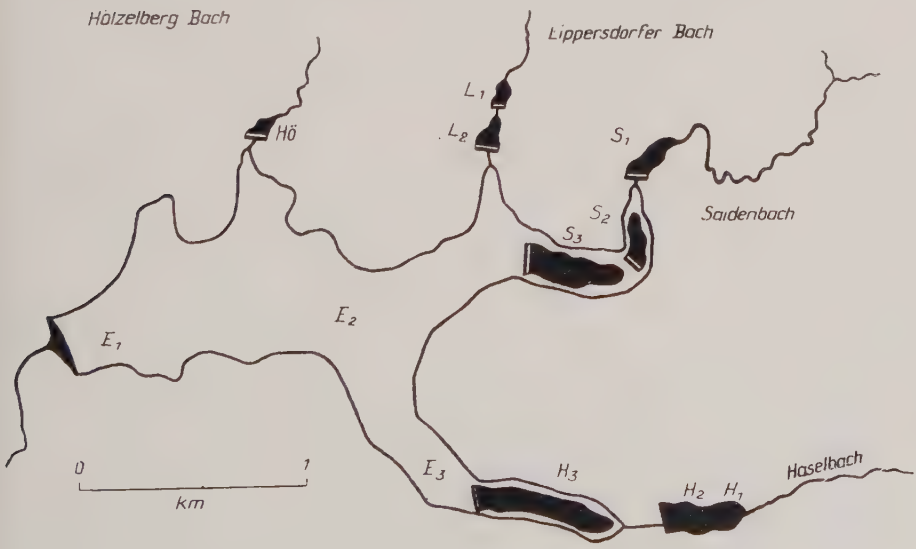


Abb. 2. Haupt- und Vorbecken der Saidenbach-Talsperre sowie Entnahmestellen E_1, E_2 und E_3 im Hauptbecken.

Die Talsperre liegt in einem Gebiet mit kühlem, regenreichem Sommer und einem regenarmen Herbst. Das Jahr hat durchschnittlich 4 frostfreie Monate. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt 855 mm. Im Untersuchungsjahr fielen 965 mm Niederschlag, besonders durch die starken Regenfälle im April und Juli.

Der Stauraum der Talsperre umfaßt 3 km des Saidenbach-Tales und 4 Nebentäler (Abb. 2). Der Hölzelberg-Bach passiert, bevor er ins Hauptbecken gelangt, ein Vorbecken (Hö), der Lippersdorfer Bach zwei Vorbecken (L_1, L_2), der Saidenbach ein Vorbecken (S_1) + zwei Unterwasservorbecken (S_2, S_3), und der Haselbach zwei Vorbecken (H_1, H_2) + ein Unterwasservorbecken (H_3). Die Sperrmauern der Unterwasservorbecken liegen bei Vollstau einige Meter unter der Wasseroberfläche. Die Hauptsperrmauer erhebt sich 48 m über die Talsohle und staut auf einer Fläche von 146,0 ha 22,4 Millionen m³ Wasser. Das Hauptbecken ist 2 km lang und 300 m bis 1 km breit. Bei Vollstau ist der See an der Sperrmauer 45 m und vor den Unterwasservorbecken S_3 und H_3 etwa 15 m tief. Die mittlere Tiefe (Volumen: Oberfläche) der Talsperre beträgt 15 m. Aus der flachen Talsohle erheben sich die Hänge in gleichmäßiger Steigung von durchschnittlich 20% und bilden ein flaches Ufer. Nur auf den letzten 250 Metern vor der Mauer verengt sich das Tal, so daß hier die Talhänge und das Ufer einen Neigungswinkel von rund 40° aufweisen.

Zur Trinkwasserentnahme dient ein Schacht an der Mauer, dessen seitlicher Einlauf 15 m über der Beckensohle und bei gefüllter Sperre 30 m unter dem Wasserspiegel liegt. Der Grundablaß bietet ebenfalls die Möglichkeit, Trinkwasser zu entnehmen.

In der Tabelle 1 sind die Zuflußverhältnisse dargestellt. Es ist ersichtlich, daß die Zuflußmenge im Untersuchungsjahr bedeutend über dem mittleren Jahreszulauf von 23 Millionen m³ liegt.

Tabelle 1. Zuflußverhältnisse in der Saidenbach-Talsperre

	mittl. Jahreszulauf	Jahreszulauf 1955
Haselbach	11,15 Mill. m³	16,25 Mill. m³
Saidenbach	7,04 Mill. m³	9,25 Mill. m³
Lippersdorfer Bach	2,00 Mill. m³	2,50 Mill. m³
Hölzelbergbach	0,29 Mill. m³	0,43 Mill. m³
Restgebiet	0,50 Mill. m³	5,55 Mill. m³
	23 Mill. m³	34 Mill. m³

Der Pegelstand ist bei Vollstau 438,80 m über NN. Im Untersuchungsjahr befand sich die Talsperre 138 Tage im Vollstau. Das Wasser floß in dieser Zeit auch durch den Überlauf der Mauer ab.

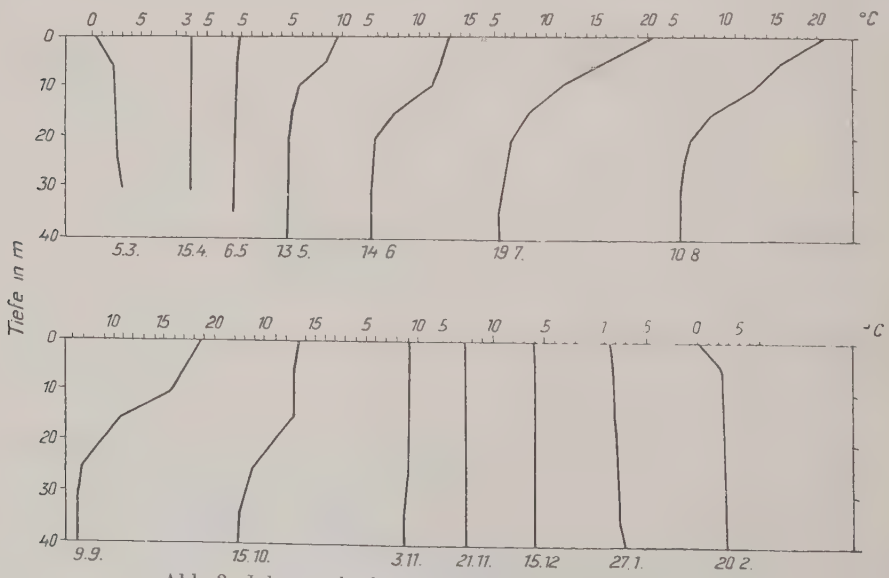


Abb. 3. Jahresverlauf der Temperaturschichtung bei E_1.

Der niedrigste Wasserstand wurde am 5. 12. 1955 mit 436,66 m über NN erreicht, als das Wasser 2,14 m abgesunken war. Die tiefste Absenkung des Wasserspiegels betrug seit Inbetriebnahme der Sperre 12,20 m und 1954, im Vorjahr dieser Untersuchungen, 5,76 m.

b) Maßnahmen zur Reinhaltung des Wassers

Beim Bau der Talsperre war man um die Erhaltung einer guten Wasserbeschaffenheit bemüht: Ein System von Vorbecken, die den größten Teil der Sinkstoffe auffangen, an den Einläufen, ein umgebender Nadelwald-Schutzstreifen von mindestens 30 m Breite im Sperrengelände. Auch die hohen Kosten für eine Beckenberäumung scheute man nicht. Der anfallende Humusboden wurde teilweise an flachen, leicht trockenfallenden Stellen aufgeschüttet, um künstlich ein steileres Ufer zu schaffen. Diese Kippen wurden mit einer Sandschicht isoliert. Ein Steinpflaster-Streifen von etwa 1 m Breite umgibt in der Höhe des Hauptstauspiegels das Becken, um das Ufer zu schützen und die Entwicklung einer Ufervegetation zu hemmen.

2. Die physikalischen und chemischen Verhältnisse

Regelmäßige Tiefenserien wurden an folgenden Stellen entnommen (Abb. 2):

E_1: Steinbruch, 40 m tief,
E_2 Zusammenlauf, 30 m tief,
E_3: Haselbachbucht, 15 m tief.

a) Temperatur und Temperaturschichtung (Abb. 3)

Die Untersuchungsperiode begann am 5. März 1955, als die Talsperre noch zugefroren war. Das Wasser wies die typische Winterschichtung auf. Am 15. April war der See bereits 14 Tage eisfrei und befand sich bei 3,5 °C im Stadium der Frühjahrs-Vollzirkulation. Am 6. Mai war das Wasser in den obersten 5 m um 0,5 °C wärmer als das Tiefenwasser. In den folgenden 7 Tagen wurde durch das Entstehen einer ausgeprägten Schichtung in den oberen 10 m die Sommerstagnation eingeleitet.

Da das Zuflußwasser in den Vorbecken und Unterwasservorbecken erwärmt wurde, schichtete es sich von Mai bis September nur in das Epilimnion und den obersten Teil des Metalimnions ein. Dadurch unterlagen die hypolimnischen Temperaturverhältnisse ausschließlich dem Einfluß der Wasserentnahme aus dem Grundablaß und dem Entnahmeschacht.

Die Einwirkung der Entnahme von Tiefenwasser auf die Schichtungsverhältnisse in den Talsperren hat im Laufe der Zeit verschiedene Deutungen erfahren. Thienemann (1911) hat an Hand seiner Untersuchungen an westfälischen Talsperren neben dem einfachen Nachsinken des Wassers Vertikalströmungen vermutet, die zu einem gleichmäßigen Temperaturgefälle führen. Wundsch (1949) sah die Wirkung des Grundablasses in der weitgehenden Zerstörung der natürlichen Schichtung durch ständiges Herabsaugen des Oberflächenwassers. Während beide Autoren dem Grundablaß die Erzeugung von Vertikalströmungen zuschrieben, deutete Liebmann (1938) seine Beobachtungen an der Bleiloch-Talsperre so, daß durch den Druck eines größeren Zuflusses und den Sog eines verstärkten Ablassens am Grunde außer einer metalimnischen Strömung, in der sich das Zuflußwasser entsprechend dem spezifischen Gewicht bewegte, eine Grundströmung entstand. Nöthlich (1953) untersuchte 1951 die Diemel-Talsperre und die Eder-Talsperre. Er wies darauf hin, daß die von Thienemann erwähnten Vertikalströmungen nicht feststellbar waren. Schräder (1954, 1959) untersuchte eingehend den Verlauf des Zuflußwassers in der Bleiloch-Talsperre. Er kam zu dem Ergebnis, daß für die Einschichtung des Zuflußwassers ausschließlich das spezifische Gewicht maßgebend ist. Dieses Resultat entspricht den Auffassungen von Hummel (1955), der zur Klärung der Schichtungsverhältnisse in Talsperren Modellversuche durchführte. Er kam zu der Schlußfolgerung, daß der Grundablaß nur Wasser aus der Schicht abzieht, in der er sich befindet. Das Wasser der darüber liegenden Schichten gelangt durch gleichmäßiges Nachsinken in die Tiefe.

Die Untersuchungen des Verf. an der Saidenbach-Talsperre führten zum gleichen Resultat wie die von SCHRÄDER (1954, 1959) und HUMMEL (1955). Für 10 Fälle wurde die Vertikal-Verlagerung der Isothermen zu den Abflußmengen und der Beckeninhaltskurve in Beziehung gebracht. Die so errechneten Werte weichen nur geringfügig von den Meßergebnissen ab (bei der Verlagerung der Isothermen um 13 % und beim Temperaturanstieg um 15 %).

Die an der Saidenbach-Talsperre vorgefundenen Schichtungsverhältnisse sind charakteristisch für größere Sperren vom Rinnenseetyp mit relativ geringem Durchfluß.

Ist der Zufluß im Verhältnis zum Volumen des Sees groß, so erfolgt eine starke Erweiterung des Metalimnions, die, wie SCHRÄDER (1956) am Beispiel kleiner Talsperren Thüringens zeigte, zu einem gleichmäßigen Temperaturgefälle und starker Erwärmung des Tiefenwassers führen kann. Diese Art der Schichtung hat ihre extremste Ausbildung in den Talsperren, die bereits den als Flußstau zu bezeichnenden Anlagen nahe kommen. Hier sind die vertikalen Temperaturunterschiede im Sommer nur gering, und die täglichen Temperaturschwankungen reichen von der Oberfläche bis zum Grunde, wie das von CHALUPA und STEPANEK (1957) für die Talsperre Sedlice beschrieben wurde.

Völlig anders geartet ist die Temperaturschichtung in den Großstaubecken, die sich durch sehr große Oberfläche und relativ geringe Tiefe auszeichnen. Sehr aufschlußreich sind diesbezüglich die Veröffentlichungen von KIREJEWA (1955) und RUTKOWSKIJ (1958) über Untersuchungen am Rybinsker Stausee. Die zeitweise entstehende schwache Schichtung wird dort immer wieder durch Windeinwirkung zerstört. Die Temperaturunterschiede betragen dadurch vertikal auch bei 20 m Tiefe nur 2 bis 3 °C. Dafür sind starke horizontale Temperaturunterschiede vorhanden, die durch das langsame Vordringen des unterschiedlich temperierten Zuflußwassers zum zentralen Teil des Sees entstehen.

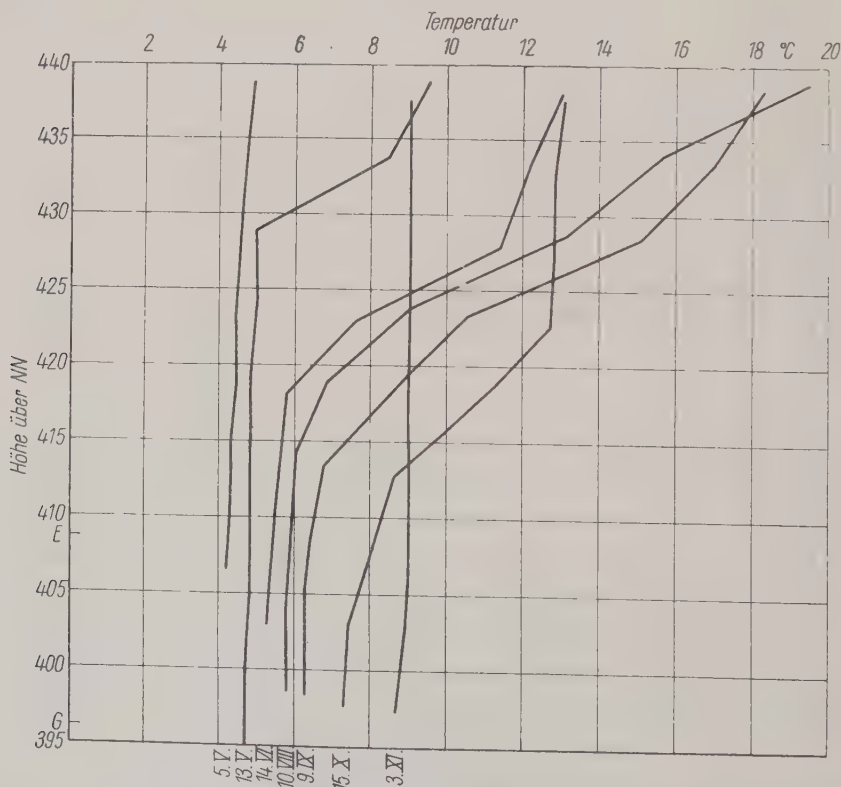


Abb. 4. Veränderung der Temperaturschichtung während der Sommerstagnation bei E_1.

Aus der Abb. 4, die die Temperaturverhältnisse in der Saidenbach-Talsperre während der Sommerstagnation zeigt, ist die allmähliche Verlagerung des Metalimnions gut zu erkennen. In der Zeit von Juni bis 15. Oktober betrug die Wasserabgabe aus der Sperre rund 175000 m³. Das entspricht dem Wasserkörper von 425,70 m über NN bis zum Grunde. Damit wurde das gesamte Wasser des Hypolimnions und eines großen Teiles des Metalimnions einmal abgezogen und durch Zuflußwasser ersetzt.

Im September begann die Abkühlung und stärkere Durchmischung des Epilimnions. Am 15. Oktober waren die Temperaturunterschiede bis 15 m Tiefe bereits ausgeglichen.

Die Vollzirkulation trat, begünstigt durch das relativ warme Hypolimnionwasser bereits in den folgenden 18 Tagen bei 9 °C Wassertemperatur ein. Der See kühlte sich dann bis zum 15. Dezember auf 4 °C ab. Dann trat die inverse Winterschichtung ein.

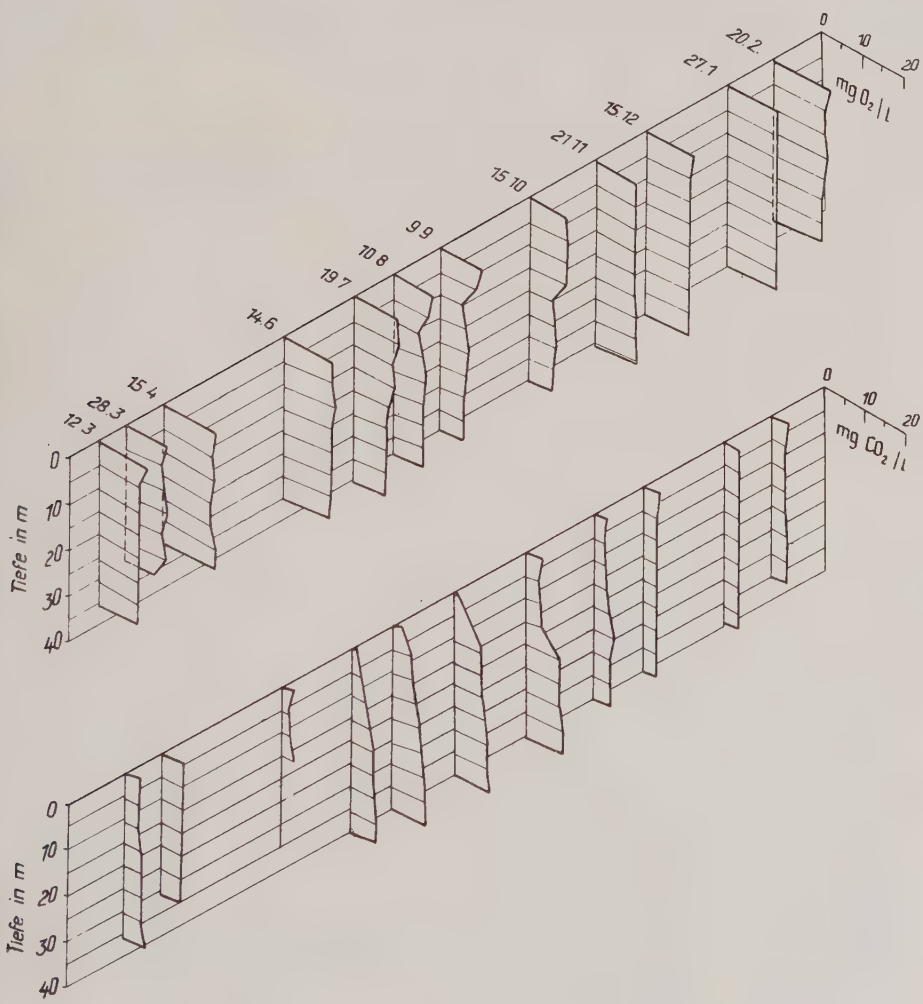


Abb. 5. Jahreszeitlicher Verlauf der Sauerstoff- und Kohlensäureschichtung bei E_1.

Bis zum 27. Januar war die Temperatur weiter abgesunken. An der Oberfläche wurden 1,4 °C und am Grunde 2,6 °C gemessen. Am 29. Januar fror der See zu.

Die Temperaturkurve vom 20. Februar (Abb. 3) zeigt die Verhältnisse unter dem Eis.

b) Sauerstoff

Entnahmestelle E_1; Abb. 5 und 6.

Am 7. April taute der See nach dreimonatiger Eisbedeckung auf. Durch die Vollzirkulation erhöhte sich der Sauerstoffgehalt in den 8 Tagen bis zum 15. 4. in der gesamten Wassermasse auf ca. 13 mg O_2/l, das heißt um durchschnittlich 3 mg O_2/l. Im Mai ging der See in die Sommerstagnation über. Infolge der Massenentwicklung von *Asterionella formosa* lag der O_2-Gehalt im Epilimnion im Juni über der Sättigungsgrenze. In der Folgezeit bildete sich in dieser Schicht durch das starke Temperaturgefälle ein ebenso ausgeprägtes Sauerstoffgefälle heraus. In 10 m Tiefe, an der oberen Grenze des Metalimnions, war die O_2-Zehrung am größten. Im Mittel betrug hier die tägliche Sauerstoff-Abnahme vom 14. 6. bis 19. 7. 95 mg O_2 pro m³, vom 19. 7. bis 10. 8. 154 mg O_2 pro m³

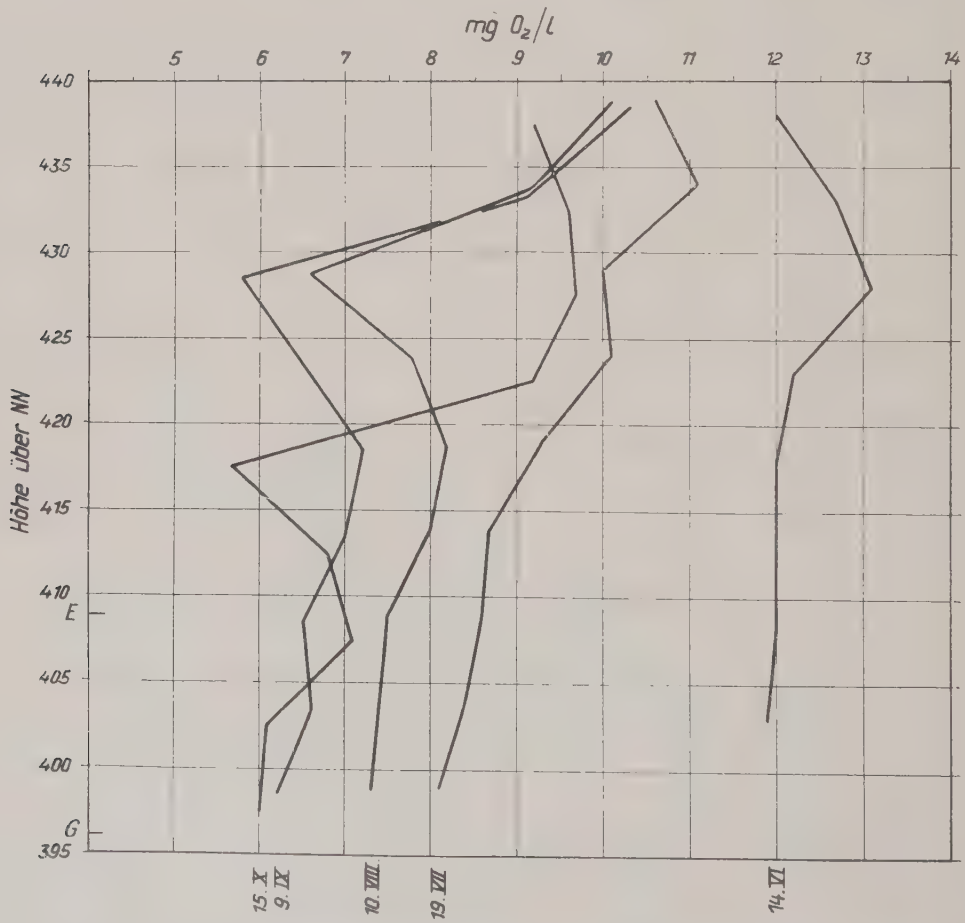


Abb. 6. Veränderung der Sauerstoffschichtung während der Sommerstagnation bei E_1.

und vom 10. 8. bis 9. 9. 27 mg O_2 pro m^3. Die Sauerstoff-Zehrung wurde im Zeitraum Juni–Juli hauptsächlich durch die absterbenden Kieselalgenmassen des *Asterionella*-Maximums hervorgerufen. Für die besonders hohe Zehrungsintensität in der Zeit vom 19. 7. bis 10. 8. dürfte die Ursache einerseits in der stärkeren organischen Verunreinigung des Zuflußwassers durch die extrem hohen Niederschläge im Juli und andererseits im plötzlichen Rückgang des Maximums von *Ankistrodesmus falcatus* zu suchen sein. Im Oktober wurde das steile Temperaturgefälle und damit auch der Sauerstoffgehalt ausgeglichen.

Während der Sommerstagnation zeigte die Sauerstoffzehrung im Hypolimnion eindeutige Abhängigkeit von den Schwankungen der Individuendichte von *Asterionella formosa*.

Die O_2-Zehrung stieg sprungartig an, als im Juni und Juli große Mengen von *Asterionella formosa* abstarben: Tabelle 2.

Tabelle 2. Sauerstoff-Abnahme im Metalimnion und Hypolimnion

Zeitraum	Mai bis 14. Juni	14. Juni bis 19. Juli	19. Juli bis 10. August	10. August bis 9. September
O_2-Abnahme in Tonnen	5	22	9	8

Um den Sauerstoffverbrauch durch die vom Plankton gebildete organische Substanz überschlagmäßig zu ermitteln, muß ein Teil von der Gesamt-Sauerstoffverminderung abgezogen werden, um den Einfluß des Schlammes und allochthoner organischer Stoffe

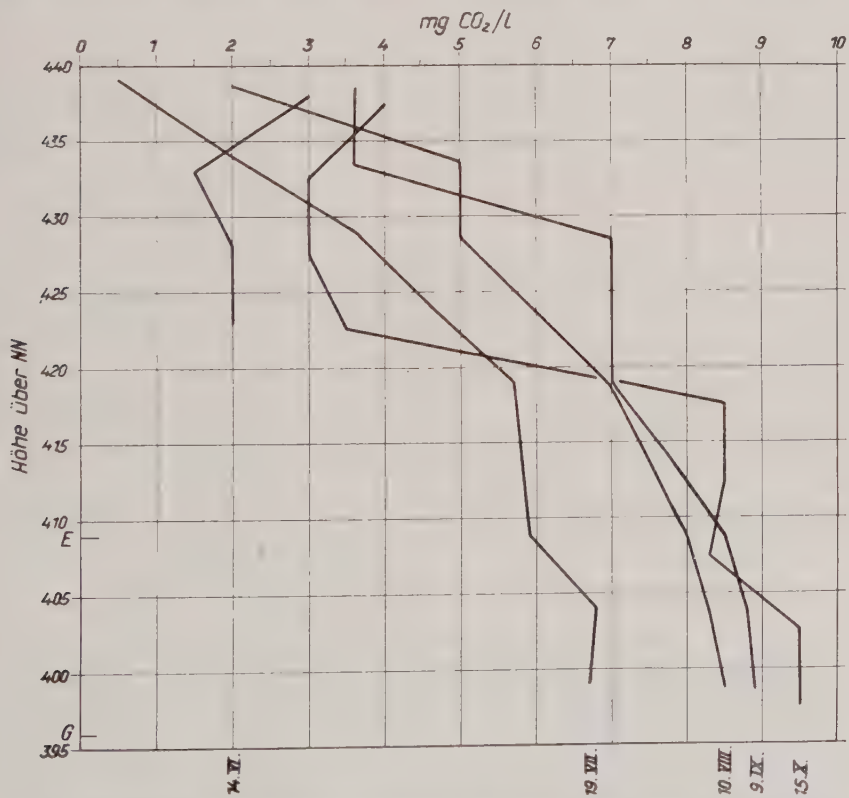


Abb. 7. Veränderung der Kohlensäureschichtung während der Sommerstagnation bei E_1.

zu berücksichtigen. Dieser Teil wird 4 Tonnen im Monat nicht überschreiten. Die während des *Asterionella*-Maximums von Mai bis Juni entstandene organische Substanz wird in Kapitel 3 dieser Arbeit auf etwa 50 Tonnen geschätzt. Bei ihrer Zersetzung sind nach Tabelle 2 im Hypolimnion und Metalimnion 25 Tonnen O_2 und auf den gesamten See umgerechnet 75 Tonnen O_2 verbraucht worden. Das wären 1,5 t O_2/t organische Substanz.

Der Sauerstoffgehalt sank während der Sommerstagnation über dem Grunde auf 6 mg O_2 l. Hierbei ist jedoch die Wasserentnahme durch Grundablaß und Entnahmeschacht zu berücksichtigen.

Die Herbstvollzirkulation glich im November die Vertikalunterschiede des O_2-Gehaltes wieder aus. In den Wintermonaten näherte sich der Sauerstoffgehalt in allen Tiefen immer mehr dem Sättigungswert (gemeint ist der Sättigungswert bei Normaldruck).

c) Kohlensäure

Die Kohlensäureverhältnisse änderten sich im gleichen Rhythmus wie die Sauerstoffverhältnisse (Abb. 5 und 7). Sie zeigten während der Sommerstagnation auch dieselbe Abhängigkeit von der Planktonentwicklung in der Sperre.

Interessant sind die großen Schwankungen des Verhältnisses von verbrauchtem Sauerstoff zu entstandener Kohlensäure im Bereich des Metalimnions und Hypolimnions. Das Verhältnis $O_2 : CO_2$ schwankte zwischen 0,9 und 3,0. Über einen langen Zeitraum können jedoch ausgeglichenere Verhältnisse herrschen: Vom 14. 6. bis 8. 9. wurde das Wasser aus der Höhe 423,00 m über NN auf 413,00 m über NN abgesenkt. Der verbrauchte Sauerstoff verhielt sich hier zur gebildeten Kohlensäure wie 1 : 1,5.

Abschließend kann gesagt werden, daß in der Saidenbach-Talsperre die CO_2-Anreicherung ebenso wie die O_2-Verringerung zum überwiegenden Teil auf die Zersetzung des Planktons, besonders von *Asterionella formosa*, zurückzuführen ist.

d) Härte und pH-Wert

Die Zuflüsse zum Hauptbecken führten Wasser mit einer mittleren Carbonathärte von 1,6 °d und einer mittleren Gesamthärte von 5,3 °d. Die jahreszeitlichen Schwankungen betrugen bei der Carbonathärte 0.8 °d und bei der Gesamthärte 4,2 °d. Im Juli stieg infolge der starken Niederschläge in der Zeit vom 6. bis 10. 7. die Gesamthärte in den Zuflüssen um durchschnittlich 2,3 °d an. Im See wurden davon, entsprechend der Einschichtung des Zuflußwassers nur das Epilimnion und das obere Metalimnion erfaßt.

Die Carbonathärte wurde mit n/10 HCl und die Gesamthärte mit Kaliumpalmitat nach Blacher bestimmt. Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte mittels Hellige-Komparator.

Die Zuflüsse hatten im Jahresmittel einen pH-Wert von 7,1. Die Schwankungen betrugen 0,8. Während des *Asterionella*-Maximums stieg der pH-Wert im Epilimnion auf 7,8. Im Hypolimnion sank er mit steigendem CO_2-Gehalt bis auf 6,4.

e) Nitrat und Phosphat

Nitrat wurde nach der Brucin-Methode im Pulfrich-Photometer bestimmt. Eigene Phosphatbestimmungen erfolgten im Rahmen dieser Arbeit nicht. Es werden deshalb die Untersuchungsergebnisse des Labors des VEB (K) Wasserwirtschaft Karl-Marx-Stadt angeführt.

Der Nitratgehalt betrug im Jahresmittel 14,5 mg NO_3/l. Er schwankte um 13,3 mg NO_3/l. In der Talsperre traten nur geringe Unterschiede in der horizontalen und vertikalen Nitratverteilung auf.

Der Phosphatgehalt des dem Hauptbecken zufließenden Wassers lag im Mittel bei 0,03 mg PO_4/l. Maximal wurden 0,17 mg PO_4/l gefunden. Für 1957 wurden folgende Mittelwerte angegeben: Lippersdorfer Bach 0,04 mg, Saidenbach 0,03 mg und Haselbach 0,04 mg PO_4/l.

3. Das Plankton

a) Methodik

Die Planktonproben für die quantitative Auszählung wurden mit der Ruttner-Flasche entnommen und in einem Planktonsieb aus Bronzegaze mit 0,04 mm Maschenweite angereichert. Das Auszählen erfolgte in Planktonkammern nach Kolkwitz. Es wurden bei jeder Probe mindestens 30 Gesichtsfelder gezählt. Die größeren Formen (Crustaceen, Rotatorien, Peridineen) wurden unter dem Stereomikroskop gezählt.

Die Verarbeitung der Planktonfänge und auch der anderen biologischen Proben erfolgte stets am Tage der Entnahme. Für die Ermittlung von Trockengewicht und Glühverlust wurden 100 l Wasser mit der Planktonpumpe entnommen, im Sieb angereichert und durch harte Filter filtriert.

Untersuchungen ergaben, daß in der Saidenbach-Talsperre die Menge des Nannoplanktons im Verhältnis zu der des Gesamtplanktons sehr gering war.

b) Verzeichnis der gefundenen Planktonarten

In diese Liste wurde nur das Euplankton aufgenommen. Der folgenden Aufstellung der Planktonarten sind Angaben über die Jahreszeit, die Dauer des Auftretens und über die Maximalentfaltung beigefügt.

	zeitliche Verteilung (Monate)	Maximum (Monat)
Cyanophyceen:		
Aphanothece microscopica Nägeli	10—12	11
Microcystis aeruginosa Kützing	11	
Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb.	9	
Flagellaten:		
Mallomonas caudata Iwan.	5, 8—2	9
Synura uvella E.	4, 5, 1, 2	5
Dinobryon sertularia E.	5	
„ *stipitatum* Stein	7—10	10
„ *divergens* Imh.	8	
Ceratium hirundinella (O. F. Müller)	4—2	9
Peridinium tabulatum Ehrenb.	3—2	7
Volvox aureus Ehrenb.	7	
Eudorina elegans Ehrenb.	8 12	
Diplosiga sozialis	5—11	9
Chlorophyceen:		
Pediastrum tetras (Ehrbg.) Ralfs	10	
„ *Boryanum* Meneghini	6	
Scenedesmus acuminatus Chodat	5—6	
„ *quadricauda* Brebisson	5, 6, 10	
Crucigenia rectangularis (A. Br.) Gay	7—9	
Ankistrodesmus falcatus var. *duplex* (Kg.) G. S. West	6—10	7
Dictyosphaerium ehrenbergianum Naeg.	6	
Desmidiaceen:		
Closterium moniliferum (Bory)	7	
Euastrum verrucosum Ehrenb.	10	
Holocanthum antilopaeum (Breb.)		
Staurastrum gracile Ralfs	5—12	11

	zeitliche Verteilung (Monate)	Maximum (Monat)
Diatomeen:		
Melosira varians C. A. AG.	4–7	5
,, *italica* (EHR.) KÜTZ.	3–6, 10–12	5
Cyclotella stelligera CL. u. GRUN.		
Tabellaria fenestrata (LYNGB.) KÜTZ.	10–12	5
,, *flocculosa* (ROTH) KÜTZ.	4–6, 10–12	5
Fragilaria crotonensis KITTON	3–2	9
,, *virescens* RALFS		
Asterionella formosa HASSALL	3–2	6
Synedra ulna (NITZSCH) EHR.	5–6, 10–12	5
,, *acus* KÜTZ.	5–6	6
,, *acus* var. *delic.* (W. SMITH) GRUN.	5–6	
,, *acus* var. *angust.* GRUN.	5–6	
Nitzschia acicularis W. SMITH	6	
Rhizopoden:		
Difflugia acuminata EHRENB.		
Aphanocystis sp.	7–8	7
Amoeba sp.		
Ciliaten:		
Amphileptus tracheloides ZACHAR.	5	
Halteria grandinella O. F. MÜLLER	11	
Tintinnidium fluviatile S. KENT	4–7, 10–11	5
Codonella cratera LEIDY	4–7, 10–1	5
Epistylis rotans SVEC.	9–11	
Vorticella natans FAURE-FR.	4	
Vorticella cyclopicola	3–2	5
Carchesium pectinatum ZACHARIAS	6–7	
Suctorien:		
Staurophrya elegans ZACH.	5–6	5
Rotatorien:		
Synchaeta pectinata EHRENB.	3–6, 9–2	1
Polyarthra trigla EHRENB.	3–2	7, 10
Diurella rousseleti (VOIGT)	9–10	
Ascomorpha saltans BARTSCH	10	
Brachionus urceus L.	10	
Keratella quadrata (MÜLL.)	4–10	8
,, *cochlearis* (GOSSE)	3–2	8,9
Anuraeopsis fissa (GOSSE)	10–11	
Notholca acuminata (EHRENB.)	10	
,, *labis* (GOSSE)	10	
,, *longispina* (KELLICOT)	3–2	6
Gastropus stylifer IMHOF	9–11	9
Asplanchna priodonta GOSSE	4–6, 9–2	11
Conochilus unicornis	5, 9, 12	
Filinia longiseta (EHRENB.)	7–10	
Collotheca libera ZACH.		
Crustaceen:		
Diaphanosoma brachyurus (LIER.)	8–11	
Daphnia longispina hyalina (LEYDIG)	5–2	2
Bosmina longirostris (O. F. M.)	5–2	
Chydorus sphaericus (O. F. MÜLLER)		
Polyphemus pediculus (L.)	7–8	
Leptodora kindtii (FOCKE)	6, 8	
Diaptomus gracilis (SARS)	3–2	
Cyclops strenuus FISCHER	3–2	

c) Zusammensetzung des Planktons

Es wurden 73 Plankter bestimmt, die sich wie folgt auf die systematischen Gruppen verteilen:

Cyanophyceen	3
Flagellaten	10
Chlorophyceen	7
Desmidiaceen	4
Diatomeen	13
Rhizopoden	3
Ciliaten	8
Suctorien	1
Rotatorien	16
Crustaceen	8

Von den 73 Arten sind 33 maßgebend an der Planktonproduktion beteiligt. Unter ihnen haben die Diatomeen die überragende Bedeutung. *Asterionella formosa* hatte fast das ganze Jahr über die größte Individuendichte. Nur im August wurde sie von *Fragilaria crotonensis* übertroffen. In Abb. 8 ist der prozentuale Anteil der Diatomeen an der Gesamtindividuenzahl dargestellt. Der Jahresdurchschnitt betrug 87 %.

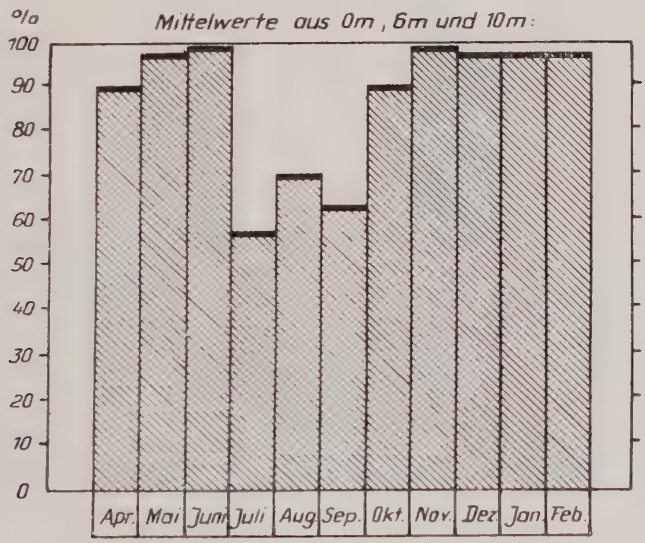


Abb. 8. Prozentualer Anteil der Diatomeen am Gesamtplankton.

d) Jahreszeitliche Planktonverteilung

Im Planktonverzeichnis (s. 3b) ist für alle Arten ihr Auftreten in der Sperre während des Untersuchungsjahres angegeben. Für die wichtigsten Plankter sind in Abb. 9 und 10 die jahreszeitlichen Schwankungen der Individuendichte dargestellt, in Abb. 11 die zeitliche Verteilung der Rotatorien.

Aus Raumgründen muß die ausführliche Schilderung des Vorkommens aller gefundenen Planktonarten unterbleiben. Im folgenden soll deshalb eine zusammenfassende Behandlung der Planktonperiodizität gegeben werden.

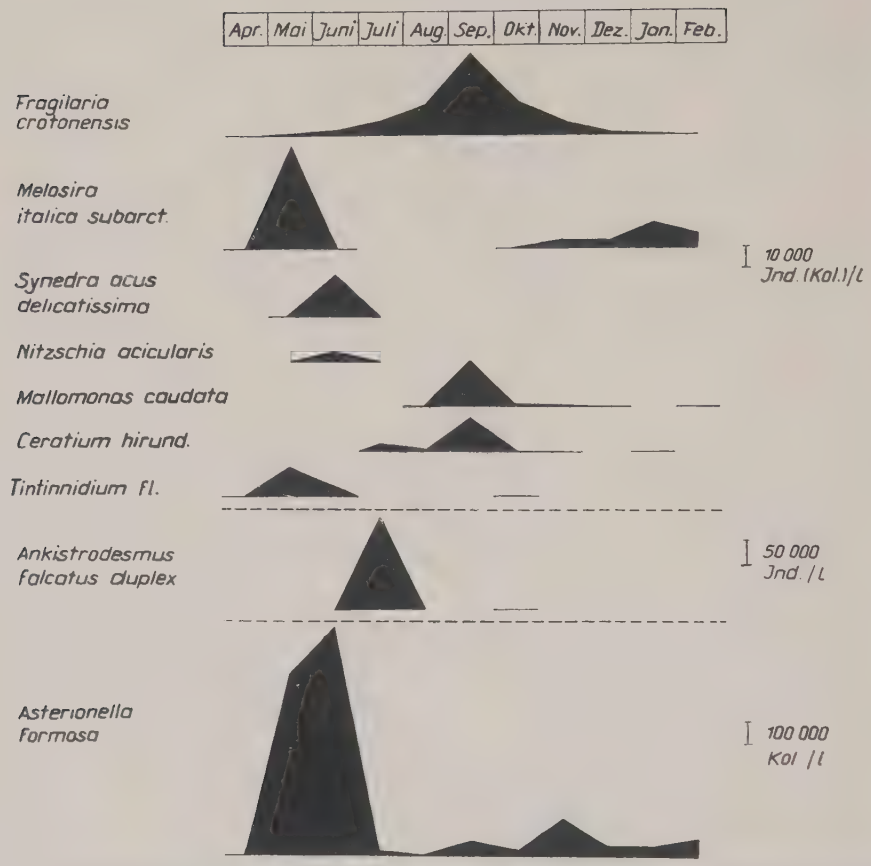


Abb. 9. Jahreszeitliche Schwankungen der Individuendichte der häufigsten Plankter der Saidenbach-Talsperre, Mittelwerte aus 0—5—10 m Tiefe bei E_1.

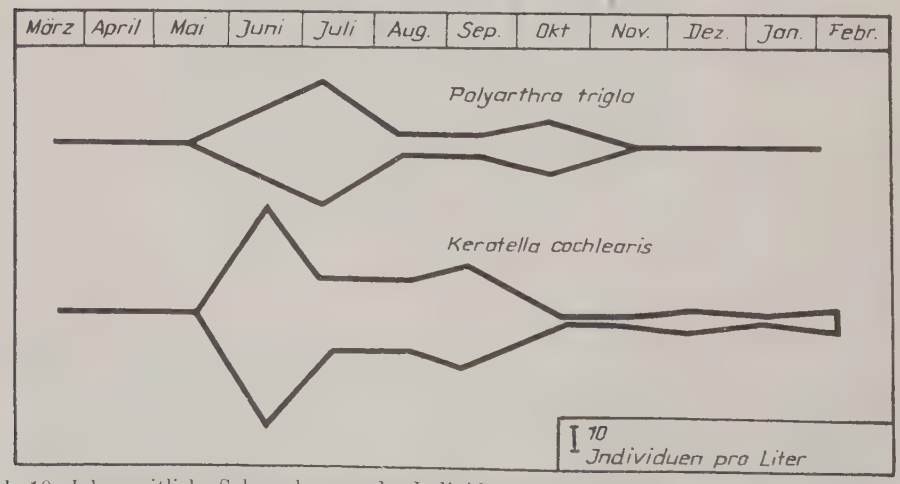


Abb. 10. Jahreszeitliche Schwankungen der Individuendichte von *Polyarthra trigla* und *Keratella cochlearis*, Mittelwerte aus 0—5—10 m Tiefe bei E_1.

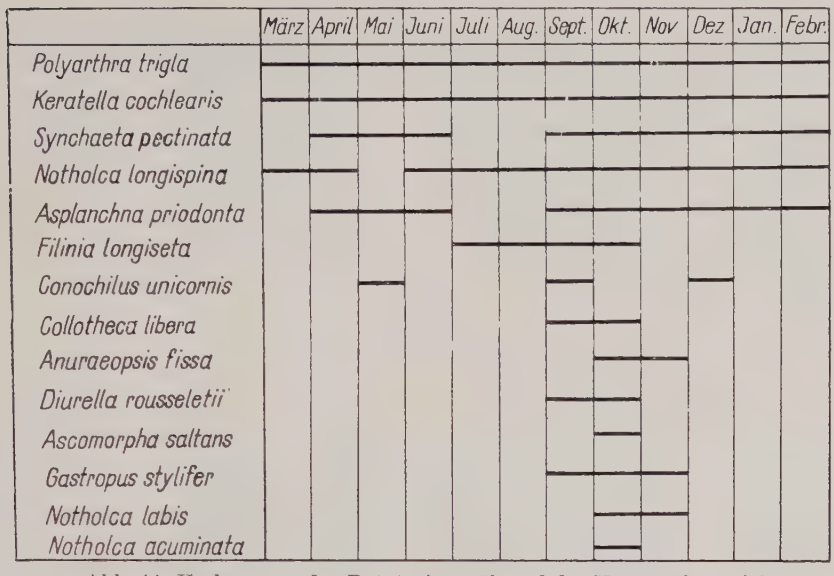


Abb. 11. Vorkommen der Rotatorien während des Untersuchungsjahres.

Nach dem Auftauen des Sees begann 1955 die Planktonentwicklung mit dem Erscheinen von *Melosira italica*. Diese wurde im Mai von den Diatomeen *Synedra acus*, *Nitzschia acicularis* und *Asterionella formosa* abgelöst, von denen die letztere im Mai und Juni ein gewaltiges Maximum mit 1800000 Kolonien pro Liter bildete. Außer den Diatomeen hatten auch einige Ciliaten ihre Maximalentfaltung: *Amphileptus tracheloides*, *Codonella cratera*, *Tintinnidium fluviatile* und eine auf *Asterionella* lebende *Vorticella* (aus dem Formenkreis *V. cyclopicola*). Es folgte Ende Juni ein starker Rückgang der Diatotomeen und Ciliaten. Sie wurden im Juli von der Chlorococcale *Ankistrodesmus falcatus* abgelöst, die bei E_2 in kurzer Zeit 230000 I./l erreichte. Im August war auch sie stark zurückgegangen. Es folgte der planktonärmste Zeitraum des Jahres. Ende August begann eine neue Planktonentfaltung, die im September ihren Höhepunkt erreichte und sich von dem Frühjahrsmaximum durch viel größeren Artenreichtum unterschied. Zahlenmäßig und auch hinsichtlich der Biomasse dominierten im September die Flagellaten. Für *Ceratium hirundinella* wurden Höchstzahlen von 286000, für *Mallomonas* von 57000 und für die auf *Asterionella* und *Fragilaria* lebende *Diplosiga sozialis* von 100000 Individuen pro Liter gemessen. Außer den Flagellaten hatten noch *Anabaena flos-aquae*, die in einigen Buchten leichte Wasserblütenbildung zeigte, und *Fragilaria crotonensis* ihre höchste Individuenzahl erreicht.

Während das Flagellatenmaximum Ende September bis Oktober schnell zurückging, kamen gleichzeitig die Rotatorien zu ihrer höchsten Entfaltung (Abb. 11). Von 14 in der Talsperre festgestellten Arten waren im Oktober 13 im Plankton vorhanden. Vom November ab dominierten dann, eingeleitet durch ein erneutes *Asterionella*-Maximum während der Herbstvollzirkulation, wieder die Diatomeen. Mit der Vollzirkulation trat auch *Melosira italica* wieder auf, und ihre Individuendichte nahm bis zum Beginn der Eisbedeckung allmählich zu. Nachdem der See zugefroren war, ging sie wieder zurück, wogegen sich *Asterionella* trotz 30 cm dicker Eisschicht und 40 cm Schneedecke stärker entfaltete und im Februar in 5 m Tiefe 112800 Kolonien pro Liter erreichte (!).

Die Saidenbach-Talsperre besitzt also trotz des spätsommerlichen Flagellaten-Rotatorien-Maximums ein ausgesprochenes Diatomeenplankton (Abb. 8).

Um die Bedeutung des Gesamtplanktons für die Talsperre zu erfassen, wurde zu allen Proben durch Trockengewichts- und Glührückstands-Bestimmungen die Biomasse ermittelt: Abb. 12.

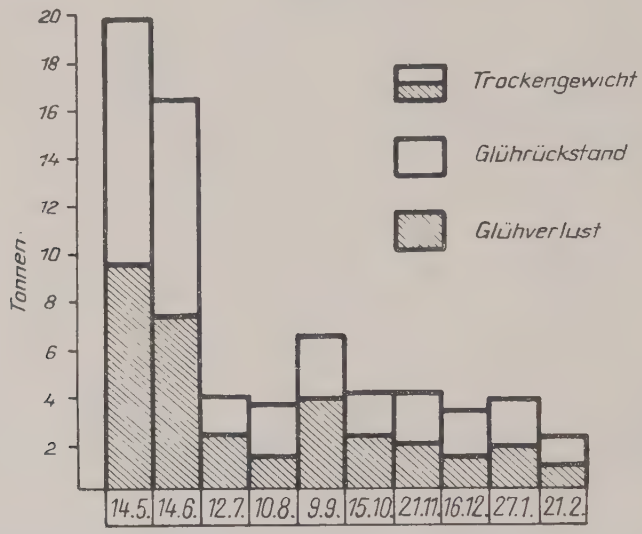


Abb. 12. Trockengewicht, Glührückstand und Glühverlust des gesamten im Hauptbecken enthaltenen Sestons an den einzelnen Untersuchungstagen.

Sie schwankt zwischen 10 t im Mai und 1 t im Februar. Die Werte von Mai und Juni zeigen die überragende Bedeutung des *Asterionella*-Maximums für die Talsperre.

Der Anteil der organischen Substanz am Trockengewicht ist je nach Artenzusammenstellung des Planktons verschieden. Während der Diatomeen-Maxima beträgt er etwa 47 %, während der *Ankistrodesmus*-Massenentwicklung 60 % und im September, während des Flagellaten-Maximums 65 % des Trockengewichtes.

Die monatlich ermittelte Biomasse erlaubt gewisse Schlußfolgerungen auf die jährliche Planktonproduktion. Ein „turnover" von 10 Tagen vorausgesetzt, sind im Zeitraum Mai Juni etwa 50 t organischer Substanz entstanden. Für die Zeit von Juli bis Februar kämen weitere 50 t hinzu. Die gesamte Jahresproduktion würde demnach bei vorsichtiger Schätzung etwa 140 t organische Substanz betragen, also rund 10 dt/ha organische Substanz bzw. 20 dt/ha Plankton-Trockengewicht.

e) Vertikale Planktonverteilung

Die Kurven vom 14. 5., 9. 9. und 21. 11. für *Asterionella formosa* (Abb. 13) zeigen, daß während der drei Diatomeen-Maxima im Untersuchungsjahr eine sehr unterschiedliche Vertikalverteilung besteht. Während im Mai eine explosionsartig ansteigende Vermehrungsleistung zu einem besonders stark ausgeprägten Maximum im Epilimnion führte, kam es im September offensichtlich durch stärkere Schwankungen der Vermehrungsintensität nicht zu so großen Differenzen in der Vertikalverteilung. Zur Zeit des November-Maximums war durch die Herbst-Vollzirkulation die Individuendichte in allen Tiefen nahezu gleich.

Erwähnenswert ist noch eine weitere, für die Trinkwasserentnahme bedeutungsvolle Erscheinung. Die Kurve vom 14. 5. zeigt in 15 m Tiefe ein zweites Maximum. Es handelt sich hierbei um eine *Asterionella*-Anhäufung, die GESSNER (1955), als sekundäres Maximum, das primär im

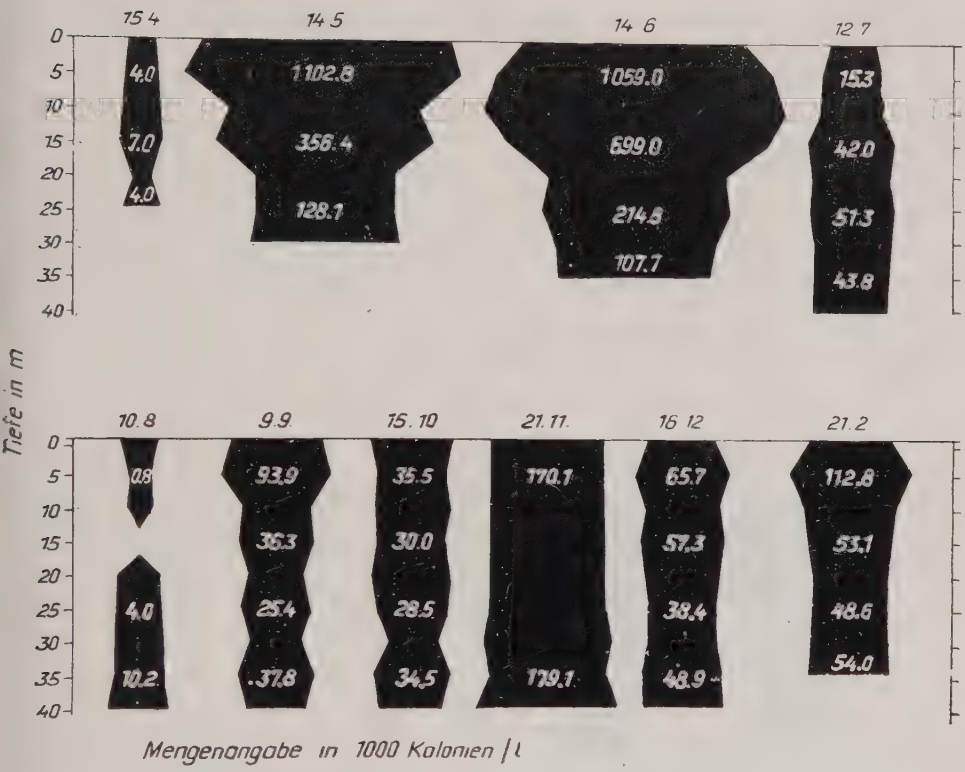


Abb. 13. Vertikalverteilung von *Asterionella formosa* bei E_1 (Kugelkurven).

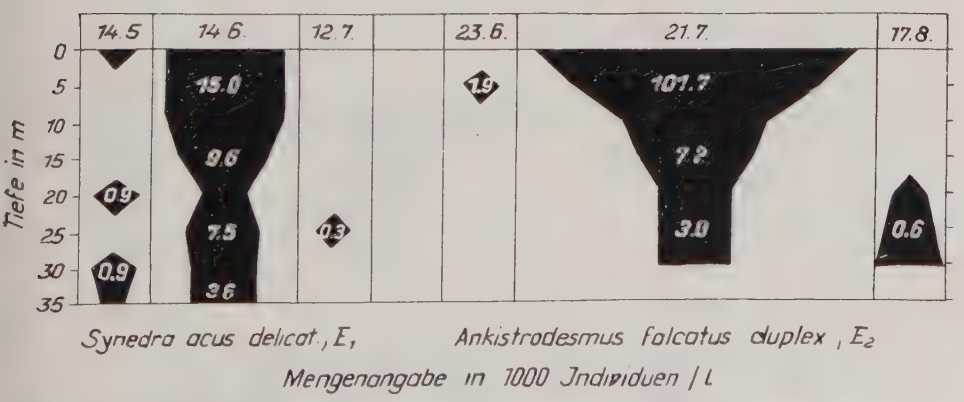


Abb. 14. Vertikalverteilung von *Synedra acus delicatissima* bei E_1 und *Ankistrodesmus falcatus duplex* bei E_2 (Kugelkurven).

Epilimnion entstanden ist und in die Tiefe sinkt, bezeichnet. Es verursachte, als es 30 m Tiefe erreichte, in der Aufbereitungsanlage Filterschwierigkeiten. Nach persönlicher Mitteilung des Herrn Ing.-chem. H. Lingelbach vom VEB (K) Wasserwirtschaft Karl-Marx-Stadt wurde im Frühjahr 1959 in 30 m Tiefe ein sekundäres Maximum von 1 130000 *Asterionella*-Kolonien pro Liter beobachtet.

Die Kurve vom 21. 2. 1956 zeigt die Verhältnisse 24 Tage nach dem Zufrieren des Sees bei 30 cm starker Eisdecke und 40 cm Schneehöhe.

Abb. 14 zeigt die Vertikalverteilung zweier Arten, die nur kurze Zeit im Plankton auftraten: die Diatomee *Synedra acus delicatissima* war, nachdem sie im Mai sporadisch und im Juni in Massenentwicklung auftrat, schon im Juli fast vollständig aus dem Plankton verschwunden, was voraussetzt, daß das Absinken über 35 m bis zum Grund in 15 bis 20 Tagen erfolgt war; auch *Ankistrodesmus falcatus* zeigt diesen schnellen Wechsel der vertikalen Verteilung. In Abb. 15 sind die Verteilungsbilder einiger Arten des September-Planktons dargestellt. Danach haben die meisten Arten ihre stärkste Entfaltung in einigen Metern Tiefe. Die gleichen Verhältnisse waren auch in den anderen Monaten anzutreffen.

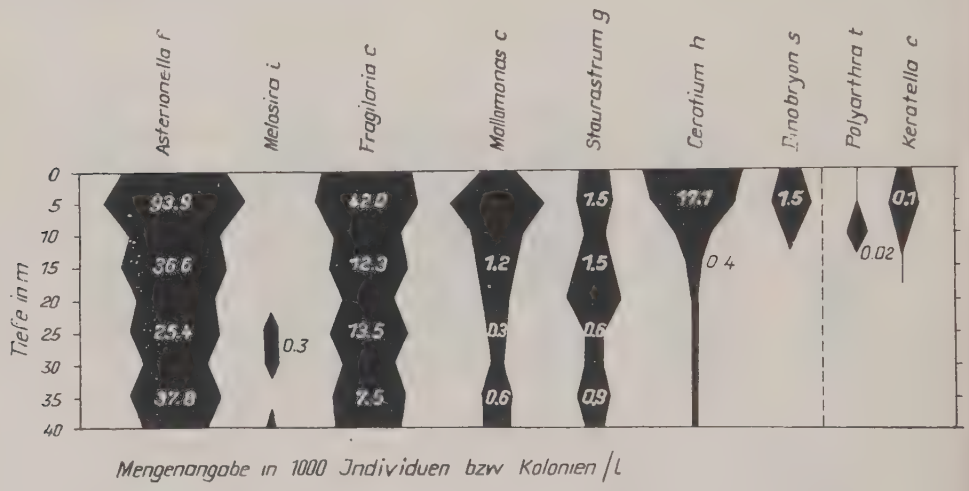


Abb. 15. Vertikalverteilung des Planktons im September bei E_1 (Kugelkurven).

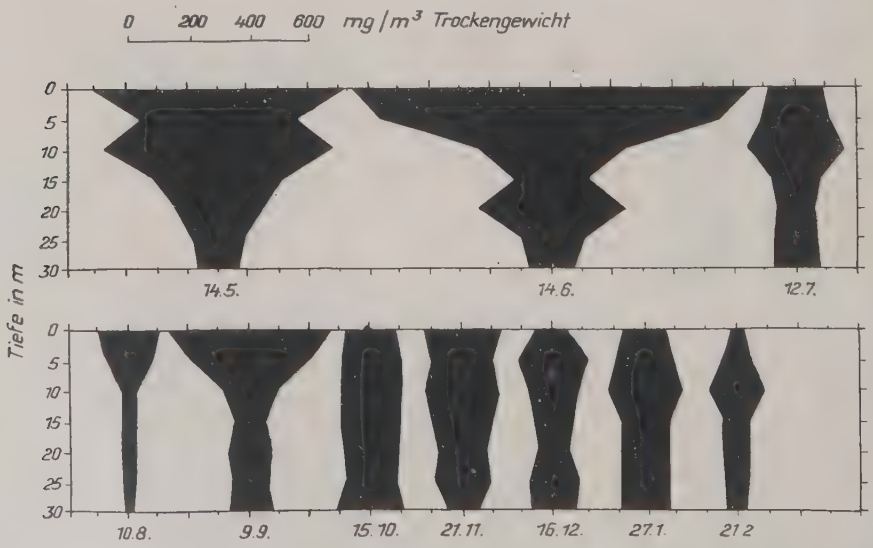


Abb. 16. Vertikalverteilung des Seston-Trockengewichtes an den einzelnen Untersuchungstagen bei E_1.

Während sich das bisher Gesagte nur auf einzelne Plankter beschränkte, ist in Abb. 16 auf Grund der Trockengewichtsbestimmungen die Vertikalverteilung der Gesamtplanktonmenge bei E_1 dargestellt. Im Mai und Juni prägte das *Asterionella*-Maximum das Bild der Biomasseverteilung. Die Vertikalunterschiede sind während der Zeiten besonders starker Vermehrungsintensität, das heißt im Mai, Juni und September, am größten.

f) Horizontale Planktonverteilung

Die qualitative Planktonzusammensetzung war, von einigen selten oder nur einmal gefundenen Arten abgesehen, in allen Teilen des Hauptbeckens gleich.

Von den häufigen Planktonarten waren nur drei auf bestimmte Bezirke beschränkt. *Polyphemus pediculus* wurde nur in der Uferregion gefunden. *Volvox aureus* kam nur in der Nähe des südlich exponierten Uferbezirkes vor. *Filinia longiseta* fehlte in der flachen Haselbach-Bucht. Sie wurde erst ab 20 m Tiefe gefunden.

Quantitative Unterschiede konnten zeitweise festgestellt werden. Während des Frühjahrs-Maximums von *Asterionella* waren sie am deutlichsten ausgeprägt, wie die folgende Gegenüberstellung der an den einzelnen Untersuchungsstellen gefundenen Höchstwerte der Individuendichte zeigt: Tabelle 3.

Tabelle 3. Höchstwerte der Individuendichte von *Asterionella formosa* (Mittelwerte aus 0 m, 5 m und 10 m Tiefe) Kol/l

Unterwasser-vorbecken S_3	Haselbach-Bucht E_3	Zusammenlauf E_2	Steinbruch E_1
2800000	2124000	1400000	1089000

Die *Asterionella*-Produktion war an den Einläufen am größten und in der Nähe der Sperrmauer am geringsten. Vergleichsproben aus der Lippersdorfer Bucht (E_4) enthielten weniger Plankton als die Proben aus dem mittleren Teil des Hauptbeckens. Das ist auf den noch verhältnismäßig starken Durchfluß in dieser Bucht zurückzuführen. Horizontale Mengenunterschiede wurden auch bei Untersuchungen in der Uferregion festgestellt. Es wurden in 2,5, 5, 10, 15, 25 und 35 m Entfernung vom Ufer Proben aus verschiedenen Tiefen entnommen. Während *Asterionella formosa* horizontal gleichmäßig verteilt war, nahmen *Ceratium hirundinella*, *Keratella cochlearis* und *Notholca longispina* nach dem Ufer hin an Häufigkeit ab und *Polyarthra trigla* zu.

Während die jahreszeitlichen und vertikalen Schwankungen der Individuendichte der einzelnen Plankter beträchtlich sind, ist die Verteilung der Gesamtplanktonmenge vertikal und jahreszeitlich viel ausgeglichener. Das gleiche trifft für die horizontale Planktonverteilung zu.

Die Planktonmenge war im vorderen Teil der Talsperre geringer als im zentralen Teil und in der Nähe der Zuflüsse. Die mittlere Trockengewichtsmenge des Epilimnions in der Zeit von Mai bis Oktober war bei E_2 um 39 % und bei E_3 um 53 % höher als bei E_1.

4. Ufer und Benthal

Die Saidenbach-Talsperre ist in der Höhe des Stauspiegels von einem Steinpflaster Streifen umgeben, der nur eine spärliche Ufervegetation zuläßt. Es dominieren typisch Uferformen wie *Mentha verticillata*, *Lycopus europaeus*, *Bidens tripartitus*, *Lysimachi vulgaris*, *Juncus effusus*, *Carex gracilis*, *Calamagrostis epigaeos* und *Alopecurus* sp. *Glyceri fluitans* geht schon in die Litoralregion über.

Im Gegensatz zu den normalen Seen fehlt den Talsperren auf Grund der großen Pegelschwankungen der Wasserpflanzengürtel. Auch in der Saidenbach-Talsperre ist die litorale Region des Seebodens zum größten Teil vegetationslos. Der im Bereich der

Pegelschwankungen liegende Teil des Litorals besteht zum größten Teil aus nackten Gneissand-Flächen. *Polygonum amphibium* bildet in der Saidenbach-Talsperre einige kleine Inseln von nur wenigen Metern Durchmesser. In 1 bis 2 m Tiefe tritt *Juncus supinus* stellenweise rasenbildend auf. Untersuchungen großer Teile des Litorals durch Tauchen zeigten, daß keine größeren Makrophytenbestände vorhanden waren. Nur vereinzelt waren kleine Horste von *Elodea canadensis* und *Potamogeton* anzutreffen. In den Talsperren wird nun der fehlende Vegetationsgürtel der Wasserpflanzen zeitweise durch überstaute Landpflanzen ersetzt. Vom 15. 5. bis 17. 7. 1955 lag der Wasserspiegel in der Saidenbach-Talsperre einen Meter unter dem Vollstau-Niveau. In dieser Zeit entwickelte sich auf den trockenliegenden Uferstrecken eine üppige Grasvegetation. Nachdem der Wasserspiegel wieder gestiegen war, blieb der Grasstreifen fast 3 Monate überstaut. Für diese kurze Zeit war er das Substrat einer artenreichen Aufwuchs-Lebensgemeinschaft.

Im folgenden werden die einzelnen Litoral-Biotope besprochen.

a) Der Streifen untergetauchter Landpflanzen

In ihm entwickelte sich eine artenreiche Aufwuchs-Biozönose. *Oedogonium* und Heteroconten waren stellenweise sehr häufig. Die Grashalme umhüllte ein brauner schleimiger Belag von Aufwuchs-Diatomeen, hauptsächlich *Meridion circulare*, *Gomphonema acuminata*, *Tabellaria flocculosa*, *Synedra ulna*, *Cymbella ventricosa* und *Cymbella cymbiformis*. Von den sessilen Ciliaten fiel besonders *Vorticella campanula* auf: an mehreren ausgedehnten Litoralstellen waren von ihr alle Grashalme dicht überzogen, wobei dieser „*Vorticella*-Rasen" auf die oberen Teile der Blätter beschränkt war, auch dort, wo die Gräser keinen dichten Bestand bildeten. *Hydra vulgaris* war überall im Aufwuchs zu finden. Sehr häufig war der semisessile Krebs *Sida cristallina*. Weiterhin waren *Pinnularia viridis*, *Chilodonella cucullulus*, eine Turbellarie (*Mesostoma sp.*) und Orthocladiinen-Larven verbreitet. Planktisch leben in den Krautbeständen *Coleps hirtus* und *Polyphemus pediculus*. Letzterer bildete am südlich exponierten Ufer große Schwärme. *Stylaria lacustris* bevorzugte ebenfalls diesen Biotop. Auch *Cyclops viridis* und *Cyclops albidus* wurden häufig gefunden.

b) Der überstaute Juncus-supinus-Rasen

In dem 5 bis 10 cm hohen Rasen bilden *Oedogonium*, *Spirogyra* und Heteroconten ein feines Gespinst. Die Diatomeen-Flora ist ärmer als im vorher geschilderten Biotop. *Cymbella ventricosa*, *cymbiformis* und *nariculiformis* herrschen vor. *Pelopia*- und *Sialis*-Larven sind häufig.

c) Das Steinufer

Die steinigen Litoralstrecken sind fast völlig unbelebt. Nur im Spätsommer sind sie stellenweise von einer braunen Diatomeenschicht bedeckt. Dieser Diatomeen-Überzug besteht fast ausschließlich aus den Arten *Cymbella ventricosa*, *C. nariculiformis*, *C. lanceolata* und *Nitzschia*-Arten. In der Nähe der überstauten Gras- und *Juncus*-Flächen sind auf den Steinen überall die Schnecken *Limnaea auricularia* und *L. stagnalis* zu finden.

d) Der Sandboden

Dieser war an der Saidenbach-Talsperre viel belebter als das steinige Ufer. Jedoch besteht diese Sand-Lebensgemeinschaft, von dem *Oscillatoria*-Streifen in einigen Metern Tiefe abgesehen, fast ausschließlich aus Tieren: Tabelle 4. (Entnahmestellen s. Abb. 17.)

Tabelle 4. Ergebnisse der Dredge-Untersuchungen.
Die Entnahmestellen sind in Abb. 17 dargestellt. Die Zahlen geben die Invididuenzahl je Probe an; v = vorhanden, aber nicht gezählt

Entnahmestellen	*Lumbriculus variegatus*	*Tubifex tubifex*	*Leptocerus sp.*	*Molanna angustata*	Rhyacophilidae	*Sialis sp.*	*Leptophlebia sp.*	*Caenis sp.*	*Ephemera sp.*	*Baetis sp.*	Culicoides	Orthocladiinae	*Glyptotendipes*	*Cryptochironomus*	*Tendipes-thummi-Gr.*	*Tendipes-connectens-Gr.*	*Limnochironomus*	*Polypedilium-nubeculosum-Gr.*	*Tanytarsus*	*Trichotanypus*
1																			11	46
2																		1		25
3		v																1		13
4																				8
5	v	v			1													4		9
6	v	v																		3
7	v	v			1						1									22
8	v	v																		8
9		v			1													2	6	16
10	v	v																		11
11	v	v			2													3	8	11
12					2													1		26
13			v	v	5	v	93	12				2				15	6	7	60	
14			v	v	3						2						1	8	530	100
15	v	v			3	v						7				14	12	80	6	
16	v	v	v	v	3	v	1	1		2	1					1		12	20	3
17	v	v	v	v	2			4		1		1		6		13	4	12	4	
18	v	v	v	v				15	1					1	5	2	8			
19	v	v										2		1	1				2	
20	v	v	v	v		v	3	1				4				8	6			1
21	v	v	v	v	2		1	1		1		1			2	3		21	8	
22	v	v	v	v	1		2			2			1		1	1	7	4		

Am häufigsten sind *Tanytarsus*, *Trichotanypus* und *Polypedilium* (bestimmt nach Lenz 1941). *Tentipes connectens* ist ebenfalls verbreitet. Im Sand leben die *Sialis*-Larven, ebenso die Oligochaeten *Tubifex tubifex* und *Lumbriculus variegatus*. Von den Ephemeriden-Larven sind *Baëtis spec.*, *Caenis sp.* und *Leptophlebia sp.* in diesem Biotop regelmäßig anzutreffen. Von den 13 in der Saidenbach-Talsperre gefundenen Wasserkäfer-Arten war *Hydroporus elegans* hier der häufigste. Besonders charakteristisch für das Sand-Litoral sind die Trichopteren-Larven *Molanna angustata* und *Leptocerus sp.*; besonders *Molanna* war überall sehr häufig: auf 2 m des schmalen Uferspülstreifens wurden 180 Trichopteren-Köcher, davon 105 von *Molanna*, gefunden.

Innerhalb des Sand-Litorals existiert noch eine völlig anders geartete Biozönose. In kleinsten Bodenvertiefungen, zwischen kleinen Steinen ist überall organischer und mineralischer Feindetritus abgelagert, durchsetzt mit den häufigsten Planktonarten (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Synedra acus*). In diesen Sedimentansammlungen findet eine reiche Diatomeenflora Lebensmöglichkeit: *Cymbella ventricosa*, *Cymbella cymbiformis*, *Meridion circulare*, *Tabellaria flocculosa*, *Navicula cryptocephala*, *Pinnularia mesolepta*, *Stauroneis phoenicenteron* und *Nitzschia sigmoidea*. Auch einige Ciliaten gehören zu dieser Biozönose, besonders *Spirostomum minus* und *Dileptus anser*.

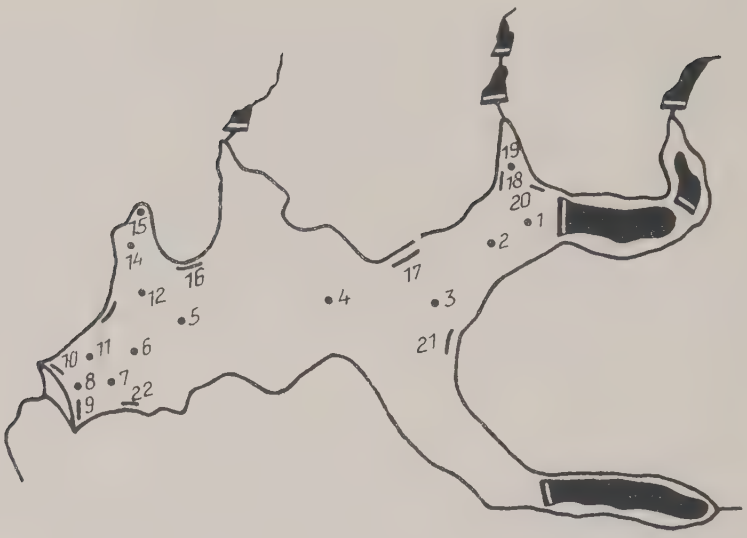


Abb. 17. Entnahmestellen für die Benthaluntersuchungen im Hauptbecken.

e) Der Cyanophyceen-Gürtel

Es handelt sich hierbei um keinen besonderen Biotop, sondern um eine *Oscillatoria*-Massenentwicklung, die sowohl auf Sand, als auch auf steinigem Boden im Sommer auftrat. In der räumlichen Begrenzung zeigte sich eine deutliche Beziehung zur Wassertiefe. Im Juli und August zog sich in 4 m Tiefe am ganzen Litoral ein *Oscillatoria*-Streifen entlang, der sich noch über 7 m Tiefe hinab erstreckte. Sand und Steine waren von einer blaugrünen Haut lückenlos bedeckt. Nur in den *Polygonum*-Inseln, deren Schwimmblatt-Schicht stets Schatten spendete, war diese Erscheinung auch in geringerer, das heißt in 2 m Tiefe zu beobachten. Hieraus läßt sich eine Abhängigkeit der vertikalen Verteilung vom Licht ableiten.

Es handelt sich um eine *Oscillatoria*-Art, die der *Oscillatoria limosa* sehr ähnlich, aber etwas schmaler als diese war. In einer Probe, die längere Zeit im Laboratorium stand, wurden bei einer Nachuntersuchung breitere Fäden festgestellt, die *Oscillatoria limosa* in der Form entsprachen.

In und auf den häutigen Cyanophyceen-Lagern waren wieder die überall im Litoral verbreiteten Diatomeen vorhanden. Außerdem wurden noch *Hydra vulgaris*, *Chaetogaster diaphanus*, *Cyclops albidus* und *Cyclops leuckarti* festgestellt. Letzterer war hier besonders häufig. Im Herbst begann der Cyanophyceen-Streifen wieder zu verschwinden. In dieser Zeit trieben oft vom Boden losgelöste *Oscillatoria*-Fladen an der Wasseroberfläche.

f) Das Profundal

Die profundale Region des Seebodens beginnt in der Saidenbach-Talsperre bei etwa 7 m Tiefe. Weitaus am häufigsten sind abgesunkene Planktonarten, vor allem Diatomeen. Die Litoral-Diatomeen sind in allen Tiefen auch im Profundal in großer Artenzahl vertreten:

Melosira varians, *Cyclotella stelligera*, *Tabellaria flocculosa*, *Synedra ulna*, *Cymbella ventricosa*, *Cymbella cymbiformis*, *Meridion circulare*, *Comphonema acuminatum*, *Diatoma elongatum*, *Pinnularia viridis*, *Pinnularia maior*, *Pinnularia mesolepta*, *Pinnularia gibba* f. *subundulata*, *Navicula viridula*, *Achnanthes lanceolata*, *Gyrosigma acuminatum*, *Stauroneis phoenicenteron*, *Surirella tenua*.

An Tieren wurden außer Insektenlarven in allen Tiefen *Difflugia sp.*, *Cyphoderia sp.*, *Spirostomum minus*, Muscheln der Gattung *Pisidium*, die Oligochaeten *Tubifex tubifex* und *Lumbriculus variegatus* sowie *Cyclops viridis* häufig gefunden.

Von den 18 gefundenen Insekten-Arten kommen in 8 m Tiefe nur noch 9, in 15 m Tiefe nur noch 4 und in 30 m Tiefe nur noch 3 vor. Die Verbreitung von *Tanytarsus* erstreckt sich in der Saidenbach-Talsperre nur bis 20 m Tiefe, *Polypedilium* und ein Vertreter der Rhyacophilidae sind auch in 30 m Tiefe noch in geringer Zahl zu finden. Nur *Trichotanypus* ist in dieser Tiefe häufig und erreicht hier ihr Häufigkeitsmaximum, so daß sie als die Leitform des Profundals der Saidenbach-Talsperre anzusprechen ist.

g) Das Sediment im Profundal

Um einen Einblick in die Sedimentverhältnisse in der Saidenbach-Talsperre zu gewinnen, wurden am 12. 5. 1956 kurz vor der Mauer des Unterwasservorbeckens H_3, am Zusammenlauf und am Steinbruch mit dem Schlammstecher Sedimentprofile entnommen. Schichtdicke und Schichtung aller drei Profile waren gleich. Die gesamte Schlammsäule maß 60 mm und bestand aus drei verschiedenartigen, deutlich gegeneinander abgegrenzten Schichten. Die oberste, 4 mm dicke Schicht bestand aus frischen Sedimenten, der sogenannten Äfja, durch ausgefälltes Eisenhydroxyd im nassen und trockenen Zustand braun gefärbt. Darunter lag eine 53 mm starke, im nassen Zustand dunkelgraue und im trockenen Zustand hellgraue Sedimentschicht. Die dunkle Färbung wird durch FeS hervorgerufen. Die unterste Schicht war gelb. Es sind beim ersten Anstau entstandene Lehmablagerungen.

An den entnommenen Profilen wurden durch Bestimmung des Deckungsgrades Strukturanalysen durchgeführt (Tabelle 5). Die oberste Schicht, die sogenannte Äfja, besteht zu 20 % aus abgesunkenen Plankton-Diatomeen. Die darunter liegende 53 mm starke Schicht ist nach dem System der Bodenablagerungen nach Lundquist (1927) eine typische Urgebirgs-Gyttja oligotropher oder schwach eutropher Seen. Der Feindetritusgehalt nimmt von oben nach unten von 68 % bis 53 % ab. Der Lehmanteil steigt nach unten von 12 % bis 53 % an. Im oberen Teil liegt demnach eine Feindetritus-Gyttja vor, die nach unten in Lehm-Gyttja übergeht. In den oberen Millimetern dieser Gyttja sind die Organismen noch in gleicher Artenzahl wie in der Äfja vorhanden. Ein kleiner Teil der Diatomeen lebt noch. *Asterionella* und *Fragilaria* überwiegen bei weitem. Mit zunehmender Tiefe sinkt aber die Artenzahl schnell ab. In 20 mm Tiefe sind die zarten Schalen von *Asterionella* nicht mehr zu finden. Dann verschwinden auch die Schalen von *Fragilaria* und *Melosira* und in 30 mm Tiefe kommen nur noch die starkschaligen Litoral-Diatomeen vor. Auch die in den oberen Schichten noch häufigen Chitinreste sind in 30 mm Tiefe selten. In 55 mm Tiefe sind nur noch die Schalen von *Cyclotella* unversehrt. Von den anderen Diatomeen, auch den robustesten Formen wie *Pinnularia* und *Navicula*, sind nur noch Fragmente vorhanden. Die unterste 3 mm starke Schicht besteht zum größten Teil aus Lehm.

Tabelle 5. Ergebnisse der Strukturanalyse des Schlammes.
Relativer Deckungsgrad in Prozent

Schlamm-tiefe/mm	Fein-detritus	Lehm	Diatomeen	Grob-detritus	FeS	Zahl d. gef. Arten
2	68	12	19	1	—	31
15	63	20	10	—	7	30
30	45	51	4	—	12	10
45	43	50	—	—	7	10
55	53	43	—	—	4	5
60	25	75	—	—	—	3

5. Der Trophiegrad

Starke Planktonentwicklung in Trinkwassertalsperren ist trotz technischer Fortschritte in der Wasseraufbereitung nach wie vor unerwünscht. Auch heute ist die Forderung, in Trinkwassertalsperren oligotrophe Verhältnisse aufrechtzuerhalten, aktuell (WETZEL 1958). Hierzu sind mitunter, wie BEUSCHOLD (1959) für die Talsperren des Bodewerkes schildert, umfangreiche Schutzmaßnahmen im Einzugsgebiet der Talsperren notwendig.

Wie berichtet, wurde die Saidenbach-Talsperre, um oligotrophe Verhältnisse zu schaffen, vor dem Anstau völlig beräumt.

Es ist nun nach rund 20jähriger Betriebszeit interessant, an Hand des gewonnenen Zahlenmaterials den gegenwärtigen Trophiezustand zu untersuchen.

Gewisse Anhaltspunkte geben schon die Planktonzählungen. *Asterionella formosa* erreichte im Hauptbecken eine Individuendichte von etwa 2000000 Kolonien pro Liter, wobei das Wasser eine ausgeprägte Vegetationsfärbung zeigte. In dieser Zeit wurde eine Sichttiefe von nur 2,5 bis 3 m gemessen (Abb. 18). Die Werte liegen deutlich über denen der bisher als oligotroph bezeichneten Seen. Diese Feststellung trifft auch für die jährliche Planktonproduktion zu, die mit etwa 10 dt/ha organische Substanz und 20 dt/ha Plankton-Trockengewicht der Produktivität schwach eutropher Seen entspricht. Die hypolimnischen Sauerstoffverhältnisse können, wenn auch mit Vorbehalt, ebenfalls als Trophiekriterium herangezogen werden. Der Sauerstoffgehalt war bis zum Ende der Sommerstagnation bei E_1 über dem Grunde auf 6 mg O_2/l, das heißt auf 50 % des „Sättigungswertes" gesunken. Das würde ebenfalls für schwache Eutrophie sprechen, zumal der O_2-Gehalt im Hypolimnion durch die Wirkung des Grundablasses höher ist als der Zehrungsintensität entspricht. Einige Anzeichen lassen vermuten, daß sich die Saidenbach-Talsperre jetzt in einem Stadium zunehmender Eutrophierung befindet. So wurde vom Bedienungspersonal der Sperre versichert, daß vor 1955 nie eine so starke Vegetationsfärbung beobachtet wurde wie im Untersuchungsjahr. Filterverstopfungen durch Plankton, die zeitweise sogar die Wasserentnahme aus der Saidenbach-Talsperre unmöglich machten, waren vorher ebenfalls nicht aufgetreten. Wenn dann 1959, wie schon in

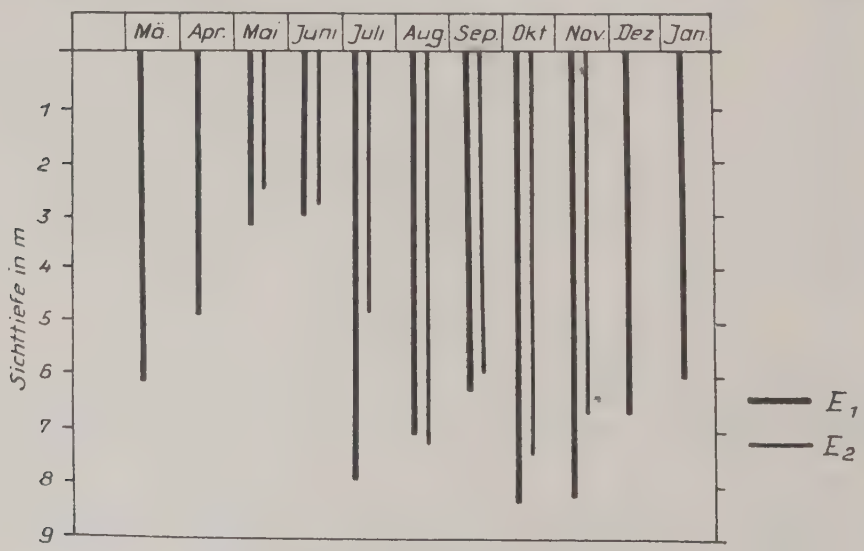


Abb. 18. Sichttiefenmessungen im Hauptbecken.

Abschnitt 3 erwähnt, in 30 m Tiefe sogar 1130000 *Asterionella*-Kolonien pro Liter vorhanden waren, dann läßt das auf eine beträchtliche Zunahme der Planktonproduktion schließen.

Interessant ist auch, daß einer persönlichen Mitteilung des Herrn Ing.-chem. H. LINGELBACH zufolge, die Häufigkeit von *Anabaena flos-aquae* nach 1955 stark angestiegen ist. Während das Vorkommen von *Anabaena flos-aquae* im Untersuchungsjahr auf einige Buchten beschränkt blieb, konnte 1957 bereits von einer Wasserblüte gesprochen werden. Im September 1958 erfaßte eine *Anabaena*-Massenentwicklung die ganze Seefläche. Sowohl 1957 als auch 1958 trat gleichzeitig im Trinkwasser eine Geschmacksbeeinträchtigung auf. Da man als Ursache *Anabaena* vermutete, wurden Bekämpfungsmaßnahmen mit Kupfersulfat durchgeführt. Nach der Kupferung verschwand 1957 die Geschmacksbeeinträchtigung nach 14 Tagen, 1958 blieb sie jedoch bestehen und konnte erst nach 2 Monaten durch Inbetriebnahme einer Ammonisationsanlage beseitigt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß einige Anzeichen vermuten lassen, daß sich die Saidenbach-Talsperre in einem Stadium zunehmender Eutrophierung befindet. Die große Planktonarmut der ebenfalls beräumten, zum Talsperrensystem von Karl-Marx-Stadt gehörenden Unteren Neunzehnhainer Talsperre, die in der Nähe der Saidenbach-Talsperre in einem völlig unbesiedelten und bewaldeten Einzugsgebiet liegt, spricht dafür, daß die Ursache der Eutrophierung der Saidenbach-Talsperre in der Abwassereinleitung in die Zuflüsse zu suchen ist.

6. Zusammenfassung

Die Saidenbach-Talsperre liegt in einem verhältnismäßig dicht besiedelten Einzugsgebiet im Erzgebirge. Die Sperre wurde vor dem Anstau im Jahre 1933 völlig beräumt.

Die Schichtungsverhältnisse wurden durch den Einfluß der Wasserentnahme aus Grundablaß und Entnahmeschacht in charakteristischer Weise modifiziert. Während der Sommerstagnation erhöhte sich die Temperatur über dem Grund von 5,3 auf 7,3 °C.

Während der Sommerstagnation sank der Sauerstoffgehalt im Hypolimnion auf 45 % des Sättigungswertes, während der Gehalt an freier Kohlensäure auf 10 mg CO_2/l anstieg. Die Veränderungen im Sauerstoff- und Kohlensäurehaushalt waren im Sommer im wesentlichen auf die Phytoplanktonentwicklung zurückzuführen.

Der pH-Wert schwankte zwischen 6,4 und 7,5. Carbonathärte und Gesamthärte waren sehr gering.

Der Nitratgehalt war verhältnismäßig hoch. Er betrug im Jahresmittel 13,4 mg NO_3/l. Der mittlere Phosphatgehalt war 0,02 mg PO_4/l.

Von 73 gefundenen Planktonarten sind 33 maßgebend an der Planktonproduktion beteiligt. *Asterionella formosa* erreichte eine Individuendichte von 2,4 Millionen Kolonien pro Liter. Die jährliche Planktonproduktion wurde auf etwa 10 dt/ha organische Substanz geschätzt.

Die charakteristischen Biotope des Litorals sind schwach besiedelte Gneissandflächen und zeitweise ein Streifen überstauter Landpflanzen. Das profundale Sediment ist eine typische Urgebirgs-Gyttja oligotropher oder schwach eutropher Seen.

An Hand der Planktonentwicklung und der Sauerstoffverhältnisse während der Sommerstagnation wurde gezeigt, daß die Saidenbach-Talsperre trotz völliger Beckenberäumung ein schwach eutrophes Gewässer ist. Die Veränderungen der Planktonentwicklung sprechen dafür, daß sich die Talsperre durch erhöhte Einleitung häuslichen Abwassers in die Zuflüsse in einem Stadium zunehmender Eutrophierung befindet.

Literatur

BEUSCHOLD, E., 1957: Biologische Untersuchungen im Hauptbecken der Saidenbach-Talsperre. Diplomarbeit, Math.-Nat. Fak. Karl-Marx-Univ. Leipzig.

— 1959: Chemische und biologische Verhältnisse in den Talsperren des Bodewerkes und ihren Zuflüssen sowie Schutzmaßnahmen gegen Verunreinigung. Wasserwirtschaft/Wassertechnik **9**, 475—479.

Chalupa, J., u. Štěpánek, M., 1957: Příspěvek ke studiu vertikální migrace zooplaktonu a charakteristice prostředí v údolní nádrži Sedlice (48 hodinové sledování meteorologických, fysikálních, chemických a biologických faktorů). Sborník vysoké školy chemicko-technologické v praze. Oddíl faculty technologie paliv a vody. Praha.

(Chalupa, J., u. Stepanek, M., 1957: Ein Beitrag zum Studium der Vertikalwanderung des Zooplanktons. Arbeit. aus d. Chem.-Techn. Hochsch. Prag, Prag [tschech.].)

Gessner, F., 1955: Hydrobotanik I. Dtsch. Verl. d. Wiss., Berlin.

Hummel, H.-G., 1956: Die Schichtungserscheinungen und Durchflußströmungen in künstlichen Stauseen und ihre Berücksichtigung beim Bau und Betrieb von Trinkwassertalsperren. Wiss. Zschr. Techn. Hochsch. Dresden **5**, H. 1.

Киреева, А. С., 1956: Некоторые данные по гидрохимий Рыбинского водохранилища. Труды биолог. станции »Борок« Акад. наук СССР **2**.

(Kirejewa, A. S., 1955: Einige Angaben über die Hydrochemie des Rybinsker Stausees. Arb. d. biol. Stat. Borok H. 2).

Klapper, H., 1957: Biologische Untersuchungen an den Einläufen und Vorbecken der Saidenbach-Talsperre (Erzgeb.). Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. **7**, Math.-nat. Reihe, H. 1, 11—47.

Lenz, Fr., 1941: Die Jugendstadien der Sectio Chironomariae (Tendipedini) connectentes. Arch. Hydrobiol. **38**.

Liebmann, H., 1938: Biologie und Chemismus der Bleilochsperre, zugleich ein Beitrag zur Wirkung von Abwässern aus Sulfitzellulosefabriken auf stehende Gewässer. Arch. Hydrobiol. **33**.

Lundquist, G., 1927: Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer **2**, Stuttgart.

Nöthlich, K., 1953: Beiträge zur Frage der Schichtungserscheinungen in Talsperren. Die Wasserwirtsch. **43**.

Рутковский, В. И., 1958: Предварительные итоги первой гидролого-гидрохимической синхронной сьетки Рыбинского водохранилища. Бюллетень института биологии водохранилищ **2**, Москва.

(Rutkowski, W. I., 1958: Vorläufige Ergebnisse der ersten synchronen hydrologisch-chemischen Untersuchung des Rybinsker Stausees. Mitt. d. Inst. f. Biol. Stauseen **2**).

Schräder, T., 1954: Ausbreitung und Schichtung der Sulfitablaugen in der Bleiloch-Talsperre und Bilanz der Selbstreinigung des Stausees im Jahre 1951. Wasserwirtschaft-Wassertechnik **4**, H. 1 u. 2.

— 1956: Talsperren. Urania **19**, H. 2.

— 1959: Zur Limnologie und Abwasserbiologie von Talsperren, obere Saale (Thüringen). Int. Rev. Hydrobiol. **44**, H. 4, 485—619.

Thienemann, A., 1911: Hydrobiologische und fischereiliche Untersuchungen an den westfälischen Talsperren. Landwirtschaftl. Jahrb. **41**.

Wetzel, A., 1958: Bemerkungen über die Biologie von Trinkwassertalsperren. Desinf. u. Gesundh. **4**, H. 7.

Wundsch, H. H., 1949: Grundlagen der Fischwirtschaft in den Großstaubecken. Abh. Fischerei u. d. Hilfswiss. **1**.

Dipl.-Biol. Erhard Beuschold,
Baustelle Trinkwasseraufbereitung,
Post Rappbode-Talsperre
über Blankenburg/Harz

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	43—50

Hans-Joachim Elster

Hydrobiologische Station Falkau/Schwarzwald

EINIGE BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE SICHTTIEFEN IM BODENSEE (OBER- UND UNTERSEE) WÄHREND DER JAHRE 1932 BIS 1935[1])

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Bei Untersuchungen über die regionale Zooplankton-Verteilung im Ober- und Untersee des Bodensees während der Jahre 1932 bis 1935 wurden auch die Sichttiefen regelmäßig gemessen. Da die bisher nicht veröffentlichten Ergebnisse heute im Hinblick auf die viel erörterte Eutrophierung des Bodensees (u. a. Wetzel 1951, Grim 1955, Nümann 1958, Elster 1960, Kiefer 1960) ein gewisses Interesse gewinnen, seien sie im folgenden kurz besprochen.

Die Messungen wurden meist unter Verwendung eines „Seeguckers", das heißt eines die Oberflächenreflexe abschirmenden in das Wasser eingetauchten Blechzylinders, mit einem Planktonnetz durchgeführt, dessen obere Öffnung etwa $^1/_3$ m² Fläche hatte und im oberen, beim Niederlassen sich flächenförmig zusammenfaltenden Teil mit weißlichem Nesseltuch bespannt war. Die Sichttiefen wurden auf $^1/_4$ m abgerundet. Sie sind mit den mittels Secchi-Scheibe gewonnenen Zahlen nicht direkt vergleichbar, wenn auch die mit dem Netz gewonnenen Werte höchstens um 10 bis 20 % zu gering sind. Immerhin ist ein absoluter Vergleich mit den von Forel (1893), Auerbach, Maerker und Schmalz (1924, 1926) oder den neueren Messungen der Konstanzer Anstalt für Bodenseeforschung (Limnologische Monatsberichte seit 1957) nur mit Vorsicht und nur größenordnungsmäßig möglich. Unter sich sind die hier mitgeteilten Werte jedoch gut vergleichbar und ergänzen so die schon seit Forel bekannten Angaben über die regionalen Sichttiefen-Unterschiede im Obersee und bieten außerdem Vergleichsmaterial aus den verschiedenen Becken des Untersees.

Im Obersee wurden von Mai 1932 bis Juni 1934 in ein- bis zweimonatigen Abständen Längsschnitte entlang der Seemitte von der Bregenzer Bucht bis zum Westende des Überlinger Sees bei Bodman mit je 13 Stationen durchgeführt. Abb. 1 zeigt die Lage der einzelnen Stationen, Tabelle 1 die gefundenen Werte.

Die Mittelwerte aller Längsschnitt-Stationen, nach Monaten zusammengefaßt, ergeben die Kurve O in Abb. 2. Die allgemeine Form der Kurve gleicht der Figur 5 von Auerbach, Maerker und Schmalz (1924), doch trat bei unseren Messungen das Minimum erst im August, bei Auerbach, Maerker und Schmalz (1926) im mehrjährigen Durchschnitt schon im Juli ein. Daß die hier referierten Durchschnittswerte viel geringer sind als die früheren der zitierten Forscher, liegt nicht nur an der verschiedenen Methode, sondern vor allem daran, daß die Konstanzer Forscher nur den unteren Obersee westlich der Linie Friedrichshafen—Romanshorn berücksichtigten, während sich unsere Zahlen auf den ganzen Obersee beziehen.

Doch auch wenn wir unsere Station IX (Mitte See vor Meersburg) zum Vergleich heranziehen (schwach ausgezogene Linie [M] in Abb. 2), ergeben sich für den Durchschnitt der Jahre 1932 bis 1935 soviel niedrigere Werte als für 1920 bis 1924 (Tabelle 2), daß die Differenzen kaum durch die verschiedenen Methoden allein erklärt werden können.

[1]) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Unterstützung der Untersuchungen, die mit dem damaligen Forschungsboot „Kormoran" durchgeführt wurden, dem früheren Bootsmann Max Schäfler und Frau Ingrid Schwoerbel für ihre Mitarbeit.

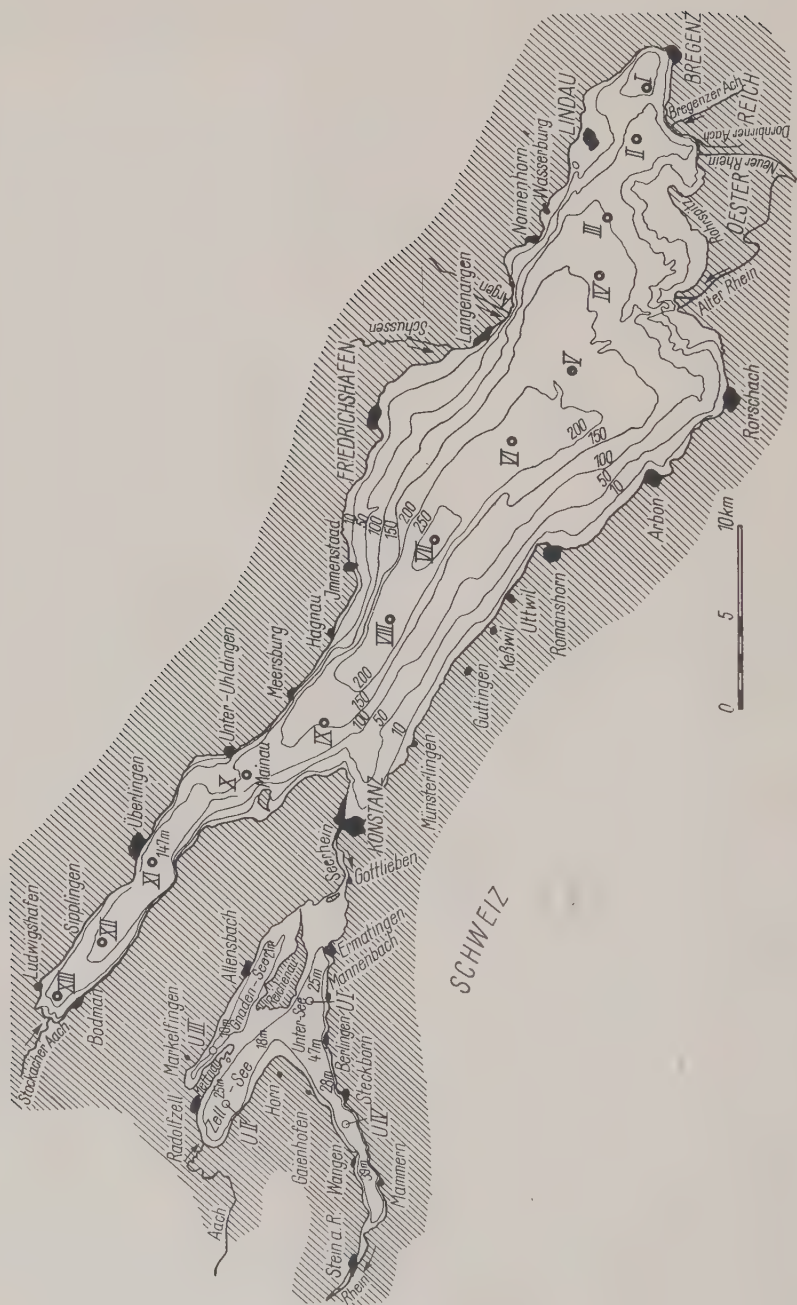

BREGENZ
LINDAU
Bregenzer Ach
Dornbirner Ach
Neuer Rhein
Rohrspitz
ÖSTERREICH
Alter Rhein
Rorschach
Arbon
Romanshorn
Uttwil
Kesswil
Güttingen
Münsterlingen
KONSTANZ
Gottlieben
Steckborn
Ermatingen
Mannenbach
Berlingen
Steckborn
Mammern
Stein a. R.
Wangen
Gaienhofen
Hornsee
Unter-See
Zeller See
Radolfzell
Markelfingen
Allensbach
Reichenau
Gnaden-Seerne
Aach
Rhein
Stockacher Aach
Bodman
Ludwigshafen
Sipplingen
Überlingen
Unter-Uhldingen
Meersburg
Hagnau
Immenstaad
FRIEDRICHSHAFEN
Schussen
Langenargen
Argen
Wasserburg
Nonnenhorn
SCHWEIZ
0 5 10 km
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
XXII
XXIII
XXIV
XXV
XXVI
XXVII
XXVIII
XXIX
XXX
XXXI
XXXII
XXXIII
XXXIV
XXXV
XXXVI
XXXVII
XXXVIII
XXXIX
XXXX
XXXXI
XXXXII
XXXXIII
XXXXIV
XXXXV
XXXXVI
XXXXVII
XXXXVIII
XXXXIX
XXXXX
XXXXXI
XXXXXII
XXXXXIII
XXXXXIV
XXXXXV
XXXXXVI
XXXXXVII
XXXXXVIII
XXXXXIX
XXXXXX
XXXXXXI
XXXXXXII
XXXXXXIII
XXXXXXIV
XXXXXXV
XXXXXXVI
XXXXXXVII
XXXXXXVIII
XXXXXXIX
XXXXXXX
XXXXXXXI
XXXXXXXII
XXXXXXXIII
XXXXXXXIV
XXXXXXXV
XXXXXXXVI
XXXXXXXVII
XXXXXXXVIII
XXXXXXXIX
XXXXXXXX
XXXXXXXXI
XXXXXXXXII
XXXXXXXXIII
XXXXXXXXIV
XXXXXXXXV
XXXXXXXXVI
XXXXXXXXVII
XXXXXXXXVIII
XXXXXXXXIX
XXXXXXXXX
XXXXXXXXXI
XXXXXXXXXII
XXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXV
XXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXVIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXI
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIII
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXIV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXV
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Tabelle 1. Sichttiefen-Längsschnitte Obersee

Datum	Station I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
13. 5. 1932	1	1	3	7,5	8	9	8	9	9	7,5	8,75		
13. 6. 1932	2,5	3	3,25	3,5	3	3,5	4	4,5	4,5	4	4,25		
20. 7. 1932	2,25	2,25	3,25	3,25	3,5	3,75	4	4	4,25	4,5	4		
17. 8. 1932	2,25	2	1,75	—	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2		
27. 9. 1932	—	—		2,5		2,5	3	—	3,5	4	4,5		
17. 11. 1932	3,5	5	6,25	6,5	7	6	6,5	6,75	6,25	6,5	7		
5. 1. 1933	5,5	5,75	6,5	7,75	8,25	9,25	8,5	8,5	9	8,75	8,75		
4. 2. 1933	—	4	9	9,5	9,5	10,5	9,5	10	10	10,5	11	10	
2. 3. 1933	3,5	4	9	9	11		10,5	10	9	10	10	12	11,5
3. 4. 1933	4	6,5	10	10	10		10	10	10	10	10	10	10
17. 5. 1933	2	2	2,5	2,5	(6)	7,5	5,5	6	3	3,75	5,75	4	4,5
27. 6. 1933	3,25	4	3,5	3,25	4	3	3,25	4	4	4,5	4	4,5	
20. 7. 1933	1,5	1,75	2	2,25	1,5	2	2,5	2	2	3	4,5	5	5,5
25. 8. 1933	1,5	1,75	2,2	2,75	3	5,5	4,5	—	5	6	5	—	5
25. 9. 1933	2,5	2,5	3,5	4	3,75	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,75	5,5	5,5
26. 11. 1933	3	3,25	3,5	5	5,5	5,5	5,5	5,75	6	6,5	—	6	6
4. 1. 1934	8,5	7,75	10	10,5	10	10	10	10,5	10	10	9	10	7,5
15. 3. 1934	4	7	9,5	9,75	11	12,5	11	12	12	11,5	10	11	10,5
2. 6. 1934	3	2,5	3	3	3,25	3	3	3,25	4,25	5,5	5,5	6,5	7

Verfolgt man nun die regionalen Unterschiede der Sichttiefen auf den einzelnen Längsschnitten, so bestätigt sich zunächst im großen und ganzen die bereits von Forel (1893) und den Konstanzer Forschern gemachte Feststellung, daß die Sichttiefe mit wachsender Entfernung von der Rheinmündung steigt. Im einzelnen heben sich unter den Sichttiefen-Kurven der Längsschnitte einige jahreszeitliche Gruppen heraus, die in Abb. 3 als Mittelwerte dargestellt sind:

In den Wintermonaten (I—IV) stiegen die Sichttiefen von der Bregenzer Bucht bis zur Höhe von Friedrichshafen steil an und schwankten dann nach Westen zu etwa um den bei Friedrichshafen erreichten Mittelwert bis gegen Überlingen, erreichten oft im Westteil des Überlinger Sees noch ein Maximum, lagen aber ohne Ausnahme am äußersten Westzipfel vor Bodman wieder etwas niedriger, vermutlich unter dem Einfluß der von Westen her dort mündenden Stockacher Ach.

Die Sommerkurven (VI—IX) stiegen dagegen gleichmäßiger von Osten nach Westen bis in den Überlinger See hinein an, ohne daß ein regelmäßiger schärferer Sprung an einer bestimmten Stelle auftrat. Entlang der Längsachse des Obersees war der Anstieg der Transparenz relativ am stärksten zwischen Lindau und Wasserburg sowie im westlichen Teil des Überlinger Sees, während die Werte vor Bodman wiederum etwas niedriger lagen.

Die Mäi- und November-Kurven zeigen nicht nur im Hinblick auf die absoluten Sichttiefen Übergangscharakter zwischen Sommer- und Winterkurven, sondern fallen auch durch ihre Form auf: Wie im Winter stiegen die Sichttiefen von Bregenz bis Friedrichshafen steil an und erreichten dort ein Maximum, schwankten dann um diesen Wert oder fielen weiter nach Westen wieder ab, um

Tabelle 2. Sichttiefen im westlichen Obersee nach AUERBACH, MAERKER und SCHMALZ (1926). (Monatsmittel 1920 bis 1924). In ( ) = unsere Station IX 1932 bis 1934

I	= 15,1 m (9,5)	VII	= 4,44 m (3,1)
II	= 16,1 m (10,0)	VIII	= 5,03 m (3,5)
III	= 12,9 m (10,5)	IX	= 6,02 m (4,0)
IV	= 13,3 m (10,0)	X	= 6,35 m —
V	= 7,37 m (6,0)	XI	= 8,8 m (6,1)
VI	= 6,96 m (4,25)	XII	= 11,88 m —

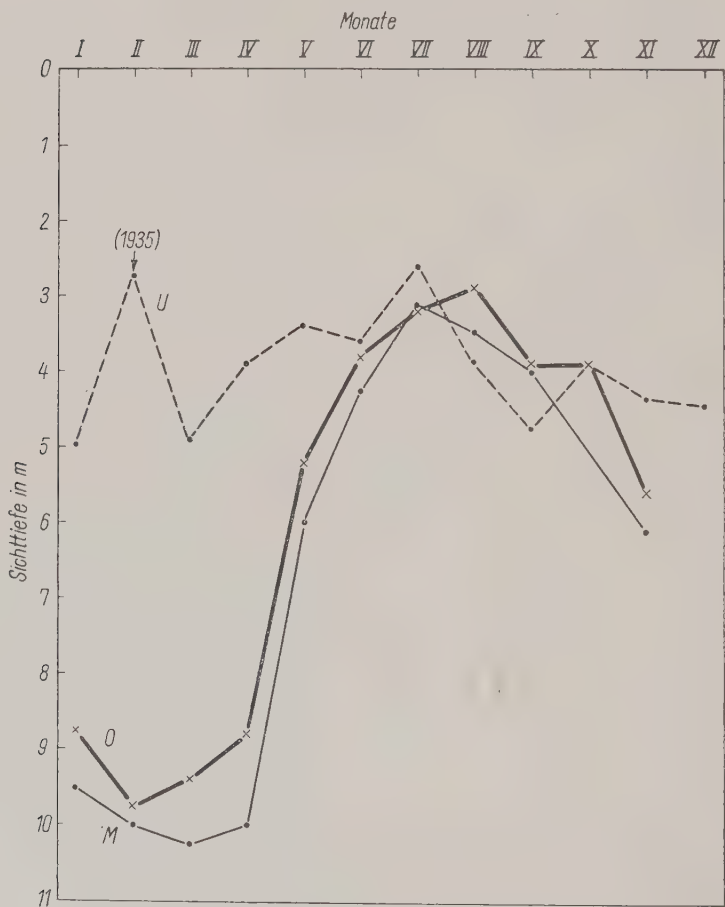


Abb. 2. Monatsmittel der Sichttiefen 1932 bis 1934 (1935).
O = Gesamtdurchschnitt der Obersee-Längsschnitt-Stationen I—XIII;
M = Obersee, Station IX (Mitte See vor Meersburg);
U = Durchschnitt aller Untersee-Stationen.

dann im westlichen Überlinger See stärker abzunehmen. Im übrigen sind gerade im Mai die Sichttiefen-Verhältnisse besonders stark von zeitlichen und lokalen Zufälligkeiten beeinflußt, da sich der Rhein noch nicht im ganzen See verteilt hat und erst im Steigen begriffen ist, und da außerdem auch die kleineren Zuflüsse lokale Trübungszonen mit ihrem Frühjahrshochwasser in den See bringen und je nach den wechselnden Strömungsverhältnissen verschieden im See verteilt werden. So ist es verständlich,

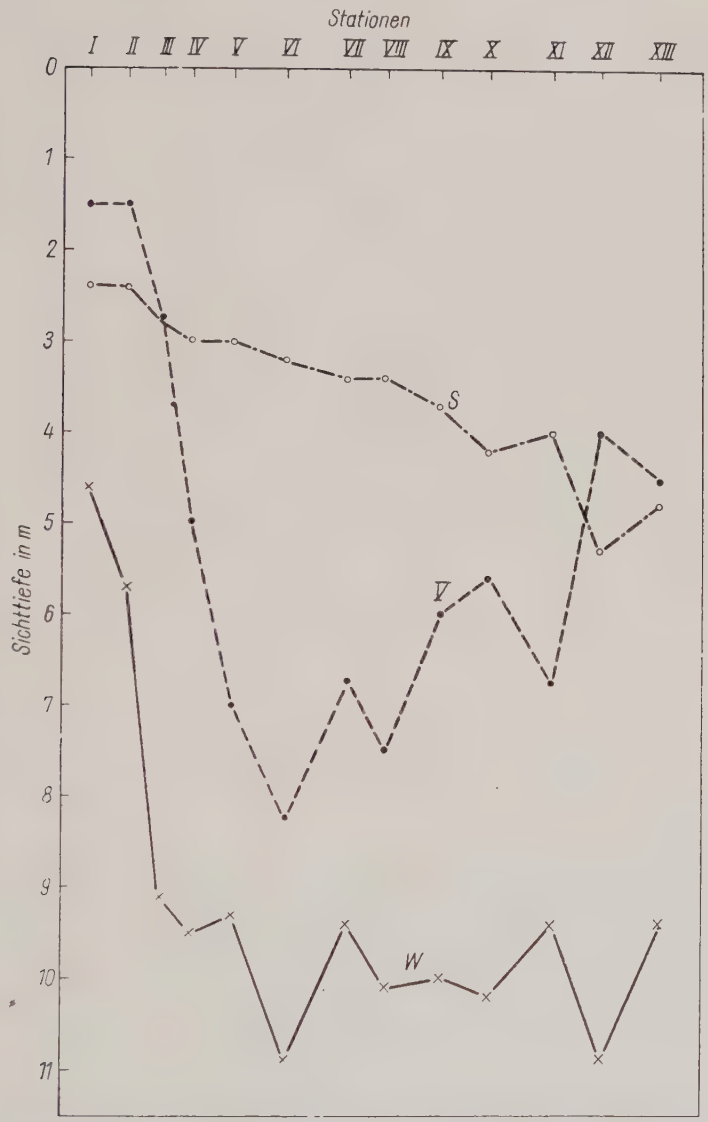


Abb. 3. Jahreszeitliche Typen der Sichttiefen-Längsschnittkurven im Obersee 1932–1934.
W = Winter (Januar bis April);
S = Sommer (Juni bis September);
V = Mai.

daß wir im mittleren Obersee, wo unsere Stationen am weitesten vom Ufer entfernt waren, die größten Sichttiefen antrafen, im schmaleren westlichen Teil und besonders im Überlinger See aber stärker in den Bereich der litoralen, von den kleineren Zuflüssen und von der Uferbrandung herrührenden Trübungszonen gerieten.

Neben den Längsschnitten wurden auch regelmäßig Querschnitte von Langenargen nach Rorschach gefahren. Ihre nähere Darstellung erübrigt sich hier, da die Werte der mittleren Stationen meist denen der Längsschnittstation V glichen und unter sich wenig

differierten. Vor dem Langenargener Ufer lagen dagegen die Werte oft erheblich niedriger, sei es, daß der Kernstrom des Rheinwassers hier entlangfloß oder daß sich das braune Wasser der Schussen hier bemerkbar machte. Auch in der Rorschacher Bucht waren die Sichttiefen häufig niedriger als im mittleren Obersee.

Während also im Obersee, wie schon Forel hervorhob, die durch die Zuflüsse eingebrachten Trübungen den regionalen und jahreszeitlichen Gang der Sichttiefe entscheidend beeinflussen, zeigt der Untersee andere Verhältnisse. Man sollte erwarten, daß das bei Konstanz schon weitgehend von Sinkstoffen befreite Abflußwasser des Seerheines eine im Verhältnis zum Obersee größere Sichttiefe im Untersee bedingen würde. Statt dessen zeigt die Kurve U in Abb. 2, daß gerade in den Winter- und Frühjahrsmonaten die Sichttiefen im Untersee weniger als die Hälfte des Obersee-Durchschnittes und vor allem der Region vor dem Konstanzer Trichter betragen (Abb. 2, Kurve M), und dies auch zu Zeiten, da das Seerheinwasser völlig klar den Untersee bei Ermatingen erreicht, ohne daß etwa Stürme die flachen vor dem Obersee-Ausfluß oder die oberhalb der Insel Reichenau gelegenen Seeteile oder die Flußrinne selbst getrübt hätten. Hier kommt nur eine planktogene Trübung des Untersees, und zwar durch das winterliche Diatomeen-Maximum, als Ursache in Frage! In einem besonders krassen Fall, Ende Februar 1935, war die Sichttiefe durch eine Massenentfaltung von Diatomeen im Untersee südlich der Reichenau auf 1,5 m herabgesetzt, während dei Sichttiefe vor dem Konstanzer Trichter 10 bis 11 m betrug.

Auch im Frühjahr eilt der Untersee dem Obersee und der Station in Höhe Meersburg im Abfall der Sichttiefe bedeutend voraus und erreicht im Juni sein Minimum, das mit 2,5 m (Durchschnittswert) noch rund 70 cm unter dem Juli-Minimum vor der Konstanzer Bucht lag.

Im Frühsommer steigen die Sichttiefen im Untersee bis zum September stärker an und überrunden in dieser Zeit sogar die Sichttiefen im Obersee auf der Höhe von Meersburg. Die Hauptursache dieser steigenden Transparenz des Untersees ist ein starkes Sinken der Phytoplanktonmenge, besonders das Absterben der Frühjahrs-Diatomeen-Massenproduktion.

Es folgt im Oktober ein erneuter Abfall der Sichttiefen im Untersee, während im Obersee die Transparenz stark steigt. Diese Herbsttrübung des Untersees beruht auf einem erneuten Anstieg der Phytoplanktondichte, besonders der Diatomeen, sei es, weil durch die beginnende Herbstteilzirkulation neue Nährstoffe in die trophogene Zone kommen oder weil die Temperaturen und Tageslängen für die Diatomeen erneut günstiger werden. Der meist um den Herbstbeginn noch relativ starke Durchstrom vom Seerhein her bedingt dabei oft im „Rheinsee" südlich der Reichenau und weiter bis zum Rheinausfluß bei Stein a. Rh. eine „Verdünnung" des Untersee-Phytoplanktons, das sich in der Radolfzeller Bucht und vor allem im Gnadensee und Markelfinger Winkel relativ zahlreicher findet, so daß die Sichttiefen in den stärker durchströmten Unterseeteilen etwas höher als in den abseits des Hauptstromes gelegenen Buchten sind.

Im allgemeinen Jahresgang ihrer Sichttiefenkurven ähneln sich aber die untersuchten Seeteile weitgehend. Unsere regelmäßig untersuchten Stationen (vgl. Abb. 1 sowie hinsichtlich der Hydrographie Elster und Einsele 1938) lagen jeweils Mitte See zwischen der Landestelle Reichenau und Mannenbach (U I), in der Mitte der Radolfzeller Bucht Höhe Landesteg Mettnau (U II), im Markelfinger Winkel Höhe Naturfreundehaus (U III) sowie vor Steckborn oder Mammern (U IV). Der Gnadensee mit Markelfinger Winkel und die Radolfzeller Bucht zeigten die oben skizzierten und in Abb. 2 (U) als Durchschnittswerte für alle Stationen wiedergegebenen allgemeinen Verhältnisse am deutlichsten, während die Stationen U I und U IV die Untersee-Charakteristik durch den Obersee-Einfluß etwas dämpfen. Unsere Originalwerte sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3. Sichttiefen im Untersee

Datum	Station: U I	U II	U III	U IV
29. 9. 1932	2,5	4,5	4,5	—
18. 11. 1932	5	3	4	—
7. 1. 1933	6,5—7	7,5—8	7	6,5—7
3. 3. 1933	5,5	5	5,5	5,5
4. 4. 1933	5	4	4	5
19. 4. 1933	5	4	3	3,75
17. 6. 1933	2	3	4	—
23. 7. 1933	3	3,75—4	—	3
26. 8. 1933	5	5	4,5	5
23. 9. 1933	5,25	6	6	5,5
7. 11. 1933	5	3,5	3,25	5,5
5. 1. 1934	4,5	4,5	—	5
3. 4. 1934	6	3,5	3	3
16. 5. 1934	3,5	2,5—3	2,5	2,5
26. 7. 1934	—	2,5	2,5	2,5
17. 8. 1934	3	3,5	3,5	3
21. 9. 1934	4,5	4,5	4,5	4,5
22. 10. 1934	4,5	3,75	3	5
20. 11. 1934	4,5	3,5	4,5	—
18. 12. 1934	5,5—6	4,5	4,5	5
24. 1. 1935	4,5	4,5	4,5	4
25. 2. 1935	1,5	3	2	4,5
25. 3. 1935	5	4	3,5	5
30. 4. 1935	4	2,75	2,5	—
6. 6. 1935	3,25	4	5	4
20. 7. 1935	—	2,75	2	—
27. 7. 1935	2	2,25	—	—
30. 8. 1935	4	3,5	3	4
17. 10. 1935	4,5	3	3,5	4
21. 11. 1935	5,5	3,5	2,5	—
16. 12. 1935	4	3,5	3,5	—

Der Vergleich von Ober- und Untersee gibt uns auch einen Hinweis, inwieweit wir von den Sichttiefen Indikatoren einer steigenden Eutrophierung des Bodensee-Obersees erwarten können. Nicht zu erwarten ist, daß sich eine erhöhte Planktonproduktion des Obersees in den sommerlichen Sichttiefen stärker ausweisen wird, denn die Sommer-Secchi-Werte werden zu stark durch die Rheintrübung beherrscht. Zudem sind die Werte regional im Obersee so verschieden und außerdem von Zufälligkeiten abhängig, daß eine Deutung von Einzelergebnissen sehr schwierig und im Hinblick auf den Trophiegrad des Obersees nur mit äußerster Vorsicht möglich sein dürfte.

Dagegen ist ein Einfluß der steigenden Eutrophierung und damit der Planktonproduktion am ehesten bei den winterlichen Sichttiefenwerten zu erwarten, die einmal im mittleren Oberseebereich regional nicht ganz so stark wie im Sommer schwanken und außerdem schon 1932 bis 1935 durch die Planktonmenge in viel stärkerem Maße als im Sommer beeinflußt waren. Allerdings muß man nach den oben mitgeteilten Tatsachen beachten, daß nur gleiche relativ eng begrenzte Seeregionen, am besten nur gleiche Stationslagen, miteinander verglichen werden dürfen und daß die Lage der berücksichtigten Stationen möglichst genau angegeben werden muß. Dann aber haben wir in den winterlichen Sichttiefen für den Bodenseekenner einen einfachen und empfindlichen Indikator für die fortschreitende Eutrophierung des Sees, wobei selbstverständlich auch die übrigen die Transparenz beeinflussenden Faktoren nicht aus dem Auge gelassen werden dürfen.

Die von Kiefer (1960) gegebenen Vergleichszahlen der Durchschnittswerte von 1920 bis 1924 und 1952 bis 1959 zeigen denn auch besonders im Winter bereits eine

beträchtliche Abnahme der Sichttiefen und bestätigen die inzwischen stattgefundene künstliche Eutrophierung des Bodensees. Unsere Werte zeigen, daß auch schon 1932 bis 1934 eine deutliche Veränderung gegenüber 1920 bis 1924 vorlag.

Literatur

Auerbach, M., Maerker, W., u. Schmalz, H., 1924: Hydrographisch-biologische Bodensee-Untersuchungen I. Arch. Hydrobiol. Suppl. **3**, 597—738.

— — — 1926: Hydrographisch-biologische Bodensee-Untersuchungen II. Verh. Naturwiss. Ver. Karlsruhe **30**, 1—128.

Elster, H.-J., 1960: Der Bodensee als Organismus und die Veränderungen seines Stoffwechsels in den letzten Jahrzehnten. Gas- u. Wasserfach **101** (Wasser), 171—180.

— u. Einsele, W., 1937: Beiträge zur Hydrographie des Bodensees (Obersee). Int. Rev. Hydrobiol. **35**, 520—585.

— — 1938: Beiträge zur Kenntnis der Hydrographie des Untersees (Bodensee). Int. Rev. Hydrobiol. **36**, 241—284.

Forel, F. A., 1893: Transparenz und Farbe des Bodenseewassers. — Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees u. s. Umgebung, H. **22**, 32—46 (Sonderheft Bodenseeforschungen).

Grim, J., 1955: Die chemischen und planktologischen Veränderungen des Bodensee-Obersees in den letzten 30 Jahren. Arch Hydrobiol., Falkau-Schriften II, 310—322.

Kiefer, F., 1960: Der Bodensee in Gefahr! Umschau **60**, 65—68.

Limnologische Monatsberichte. Herausgegeben von der Anstalt für Bodenseeforschung der Stadt Konstanz seit April 1957.

Nümann, W., 1958: Vorläufiger Bericht über das stark veränderte Wachstum der Blaufelchen im Bodensee und Versuch einer Fangprognose für das Jahr 1958. A. F. Z.

Wetzel, A., 1951: Ein Fluß nach 20 Jahren. Gesundheits-Ingenieur **72**.

Prof. Dr. Hans-Joachim Elster
Falkau/Schwarzwald
Hydrobiologische Station

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	51—64

Helmut Klapper

Wasserwirtschaftsdirektion Mittlere Elbe-Sude-Elde, Magdeburg

BIOLOGISCHES GÜTEBILD DER ELBE ZWISCHEN SCHMILKA UND BOIZENBURG

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Historische Entwicklung 51
2. Literaturauswertung 52
3. Biologische Elbuntersuchungen 1959 53
   a) Biologische Untersuchung auf der Elbebereisung vom 3. bis 11. August 1959 . . . 53
      α) Methodik 53
      β) Der Bewuchs 55
      γ) Das Plankton der Elbe 56
   b) Biologischer Gütelängsschnitt der Elbe im Dezember 1959 57
4. Ökologische Besonderheiten des Elbstromes 59
   a) Die chemischen Verhältnisse 59
   b) Das Lichtklima 60
   c) Die Ufervegetation 61
   d) Der Stromgrund 62
5. Zusammenfassung 62
6. Literatur 63

1. Historische Entwicklung

Bevor das biologische Gütebild der Elbe besprochen wird, soll in einem kurzen Abriß der Weg bis zum heutigen Zustand skizziert werden:

Vor etwa 600000 bis 1 Million Jahren bahnte sich die Elbe erstmals ihren Weg über das heutige Elbsandsteingebirge nach Norden (Geniesser 1958). Zwischen Pirna und Meißen durchfließt sie einen rund 50 km langen Grabenbruch, den Elbtalgraben. Nachdem sie das südlich von Meißen gelegene Spaargebirge durchschnitten hat, tritt sie in das südlichste der norddeutschen Urstromtäler ein. Sie folgt dem Magdeburger Urstromtal bis Hohenwarthe, durchbricht hier die warthestadialen Moränenzüge des Fläming und der Letzlinger Heide, um nun dem Glogau-Baruther Urstromtal bis zur Nordsee zu folgen. Der heutige Verlauf ist noch recht jung, denn während des Diluviums hat die Elbe ihren Mittel- und Unterlauf mehrfach verändert.

Auch in geschichtlich junger Zeit gab es noch viele kleinere Veränderungen im Elblauf. Die zahlreichen Altgewässer geben davon beredtes Zeugnis. Die Hochwässer wurden aber schon früh durch Deichbauten eingeschränkt, und mit der sprunghaften Entwicklung der Schiffahrt in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts gingen die Arbeiten zur Niedrigwasserregulierung einher. Der Elbstrom, der in früheren Zeiten stark gewunden, sein Bett ständig wechselnd und bei Hochwässern weit ausufernd die Elbauen durchzog, ist heute in seinem gesamten Lauf festgelegt, durch Deckwerke, Buhnen und Leitwerke eingeengt. Die Untiefen sind verschwunden oder werden durch Baggerarbeiten beseitigt. Der Strom hat auch im Unterlauf noch eine beträchtliche Fließgeschwindigkeit. Die Buhnenfelder stellen große Absetzbecken dar, sie verschlammen oder versanden, während das Flußbett selbst sich vertieft. Die Hochwässer sind seltener geworden, denn der ständig wachsende Stauraum von Talsperren und Rückhaltebecken ermöglicht einen gewissen Ausgleich in der Wasserführung.

Diese für die Schiffahrt notwendigen Veränderungen des natürlichen Elblaufes hatten tiefgreifende biologische Folgen. Neben den fischereilichen Auswirkungen seien hier nur die verkürzte Selbstreinigungsstrecke durch Flußbegradigungen, die verkürzte Selbstreinigungszeit durch schnelleren Abfluß und die verringerte Aufwuchsfläche des eingeengten Flußbettes genannt. Die Regulierungsarbeiten mußten also zu einer Schwächung der Selbstreinigungskraft führen. Solange der Elbe nur geringe Mengen an Abwasser zugeführt wurden, war sie durchaus in der Lage, diese zu „verdauen" (KOLKWITZ und EHRLICH 1907).

Das Wachstum der Städte brachte ständig steigende Mengen von häuslichen Abwässern in die Elbe und ihre Nebenflüsse. Diese mußten sich besonders deshalb so nachteilig auswirken, weil noch bis in die jüngste Vergangenheit die an der Elbe gelegenen Großstädte ohne ausreichende Kläranlagen waren.

Noch einschneidender wurde das Elbwasser durch anorganische und organische Abgänge der Industrie beeinträchtigt. Mit dem Beginn der industriellen Kaligewinnung im Jahre 1861 stiegen der Salzgehalt und die Härte der Elbe, besonders unterhalb der Saalemündung, sprunghaft an. Hat die Versalzung auch große Bedeutung für die Industriewassernutzer, so kann von einer Schädigung der Biologie der Elbe heute noch nicht gesprochen werden. Eine Verschiebung im biologischen Bild zu halophilen bzw. euryhalinen Organismen braucht die biologische Selbstreinigung nicht zu beeinträchtigen.

Die nachhaltige Wirkung der Zellstoffindustrie auf die Elbe werden wir besonders am Beispiel der direkt an der Elbe gelegenen Werke Heidenau und Wittenberge kennenlernen.

Einen gewaltigen Aufschwung nahm im mitteldeutschen Raum die Braunkohlenindustrie. So wurden in NW-Sachsen 1870 342 126 t Braunkohle gefördert, 1913 schon 4 840 000 t und 1930 sogar 11 013 234 t (BEER 1958). Besonders die Braunkohleveredlungsbetriebe, wie Hydrierwerke und Schwelereien, brachten das Phenolabwasserproblem mit sich. Bereits 1929 wurden unterhalb Magdeburgs gefangene Fische sowie das Magdeburger Trinkwasser wegen des „Chemiegeschmacks" beanstandet (BAUCH 1958).

Für das Leben im Fluß ist vor allem die Belastung des Sauerstoffhaushalts bedeutsam, wie sie durch alle biologisch abbaubaren organischen Laststoffe eintritt. Außer der Braunkohlenindustrie ist es im mitteldeutschen Raum vorwiegend die Zuckerindustrie, deren Abwässer während der Kampagne zu starker Sauerstoffzehrung und Pilztreiben führen. Somit ist die Elbe heute als ein durch Abwässer verschiedenster Art stark verunreinigter Strom gekennzeichnet. Wie sich diese Abwasserbelastung biologisch auswirkt, ist von mehreren Autoren beschrieben worden.

2. Literaturauswertung

Anfang des 20. Jahrhunderts wurden von KOLKWITZ und EHRLICH mehrere Elbbereisungen ausgeführt (KOLKWITZ u. EHRLICH 1907). Die Untersucher notierten zwar zahlreiche Abwassereinleitungen, doch sollen diese nicht als größere Abwasserstrecken in der Elbe nachweisbar gewesen sein. Die stärkste Verunreinigung wurde unmittelbar unterhalb der Dresdener Abwassereinleitung als Zone starker Verpilzung notiert. Während der Kampagne wurden schwache Pilztreiben von der böhmischen Grenze bis zur Unterelbe beobachtet. Da der Sauerstoffgehalt aber stets nahe der Sättigungsgrenze blieb, der Kaliumpermanganatverbrauch nur in seltenen Fällen über 50 mg/l anstieg, wurde der Fluß als noch völlig normal bezeichnet, abwasserbedingte Kalamitäten wurden nicht beobachtet, obwohl es auch damals schon örtliche Fischsterben gegeben hat. Eine auch heute noch zu beobachtende Erscheinung wurde bereits damals festgestellt, nämlich der Rückgang der autotrophen zugunsten der heterotrophen Organismen während der kalten Jahreszeit.

SEELER (1935) untersuchte das Elbplankton von Magdeburg bis zur Nordsee. Die quantitativen Untersuchungen ließen eine Verringerung des Phytoplanktons bei gleichzeitiger Vermehrung der Protozoen unterhalb der Abwassereinleitungen von Magdeburg, Wittenberge und Hamburg erkennen. Weiter unterhalb Hamburgs war infolge der starken Düngung wieder stärkere

Planktonentwicklung zu verzeichnen. Im Übergangsgebiet zum Salzwasser stirbt das Süßwasserplankton ab, die mineralisierten Nährstoffe geben dem Nordseeplankton die chemische Grundlage zur Massenentwicklung unterhalb der Elbemündung. Beim Niedrigwasser 1933 wurde das Hamburger Abwasser durch die Tide-Strömungen mehrfach stromauf geführt, es kam zu Sauerstoffschwund und einem umfangreichen Fischsterben.

Meschkat (1937) verglich den Bewuchs eines Buhnenfeldes unterhalb Hamburgs mit den Untersuchungsergebnissen von Hentschel (1917—1920). Auf Grund der gestiegenen Abwasserbelastung ist die Bodentierwelt verarmt, besonders die Mollusken sind stark zurückgegangen, während Tubificiden und *Herpobdella* häufiger geworden sind.

Caspers (1948) untersucht die Produktivität des Elbeaestuars und fand an Fischnährtieren bei Hetlingen (Süßwasser) 143 g/m², an der Ostemündung (Brackwasser) 37 g/m² und bei Neuwerk (Meerwasser) 6068 g/m² Bodenfläche.

Ähnliche Verhältnisse fanden Kühl und Mann (1953) für das Plankton. Im Gebiet der starken Salzschwankungen liegt ein Planktonminimum. Sowohl nach dem Süßwasser als auch nach dem Meerwasser schließen sich Abschnitte mit hoher Planktonproduktion an.

Seit 1954 gibt die Wasser- und Schiffahrtsdirektion Hamburg Monats- und Jahresberichte über „Qualitative Untersuchungen des Elbewassers" heraus. Uferbewuchs und Plankton des Elbeabschnittes von Schnackenburg bis Hamburg werden im Sommer als β-mesosaprob, im Winter als α-β-mesosaprob bezeichnet. In der kalten Jahreszeit geht das Plankton stark zurück; es herrschen Tychoplankter vor, vor allem Saprobier wie *Paramecium*, *Carchesium*, *Uronema* usw. Gegenüber der Artenliste von Volk (1914) wird eine Verarmung festgestellt, die auf die durch Stromregulierung eingeengten Lebensräume zurückgeführt wird.

Die vielen fischereilichen Arbeiten über die Elbe (u. a. Kisker 1926, 1936, Pape 1952, Jacob n. veröff.) wurden in einer umfassenden Arbeit von Bauch (1958) ausgewertet. Für den Ertragsrückgang in der Elbe werden verschiedene Gründe angeführt. Stör und Lachs als die einst wertvollsten Wirtschaftsfische blieben aus, als sie durch den Stromausbau ihre Laichplätze verloren bzw. durch Wehre, Schleusen und Abwasserbarrieren in den Nebenflüssen am Aufstieg zu ihren Laichplätzen gehindert wurden. Der letzte Stör wurde 1911 oberhalb Magdeburgs gefangen, und seit 1936 ist auch der Lachsfang ausgeblieben. Die Wollhandkrabbe, die 1922 erstmalig bei Finkenwerder gefangen wurde, behinderte bereits in den 30er Jahren den Fischfang. Sauerstoffmangel unter Eis dezimierte den Fischbestand der Elbe z. B. 1929, 1940 und 1954. Die stärkste Schädigung erfuhr die Elbfischerei im Gebiet der oberen und mittleren Elbe, wo Industrieabwässer den Fischen einen Geschmack verleihen, der einen Absatz unmöglich macht. Die Fischnährtiere fehlen streckenweise, vermutlich infolge toxischer Abwasserwirkung. An den noch befischten Elbstrecken unterhalb von Rogätz spielt heute der Aalhamenfang die größte Rolle. Neben dem Aal sind Blei, Güster und Plötze die häufigsten Wirtschaftsfische.

Bauch stellte an Hand der Fischnährtiere biologische Gütelängsschnitte von einigen Elbabschnitten dar. Er wählte dazu die Darstellungsweise nach Knöpp (1954/55). Die biologische Analyse an Hand der Makroorganismen ist allerdings gerade bei der Elbe großen Unsicherheiten unterworfen, da Fischnährtiere äußerst selten sind, am Flußgrund sogar über weite Strecken hin fehlen. Ferner lassen die langlebigen Tiere keine jahreszeitlichen Unterschiede im Saprobiegrad eines Gewässers zu.

3. Biologische Elbuntersuchung 1959

Am Beispiel zweier Elbbereisungen 1959 soll das gegenwärtige Gütebild der Elbe gezeigt werden. Die beiden Gütelängsprofile sind besonders deshalb interessant, weil im August bei Mittelwasser recht günstige Verhältnisse angetroffen wurden, während die Dezemberuntersuchung in die Niedrigwasserperiode und die Zuckerkampagne fällt. Die biologische Untersuchung zeigte jetzt bedeutend schlechtere Verhältnisse an.

a) Biologische Untersuchungen auf der Elbebereisung vom 3. bis 11. August 1959 (Abb. 1)

a) Methodik

Die Bereisung wurde vom Institut für Wasserwirtschaft mit einem Laborwagen durchgeführt und umfaßte den Elbabschnitt von Schmilka bis Bitter. Die Wassertemperaturen lagen zwischen 18 und 22 °C. Die Proben wurden mit der fließenden Welle, auch nachts, entnommen.

Für die biologische Untersuchung wurden an den vorgesehenen Entnahmestellen jeweils vom rechten und vom linken Ufer Bewuchsproben und aus der Strommitte Plankton entnommen. Der Bewuchs wurde durch Abkratzen der Steinoberfläche gewonnen. Es wurde nur der Bewuchs von

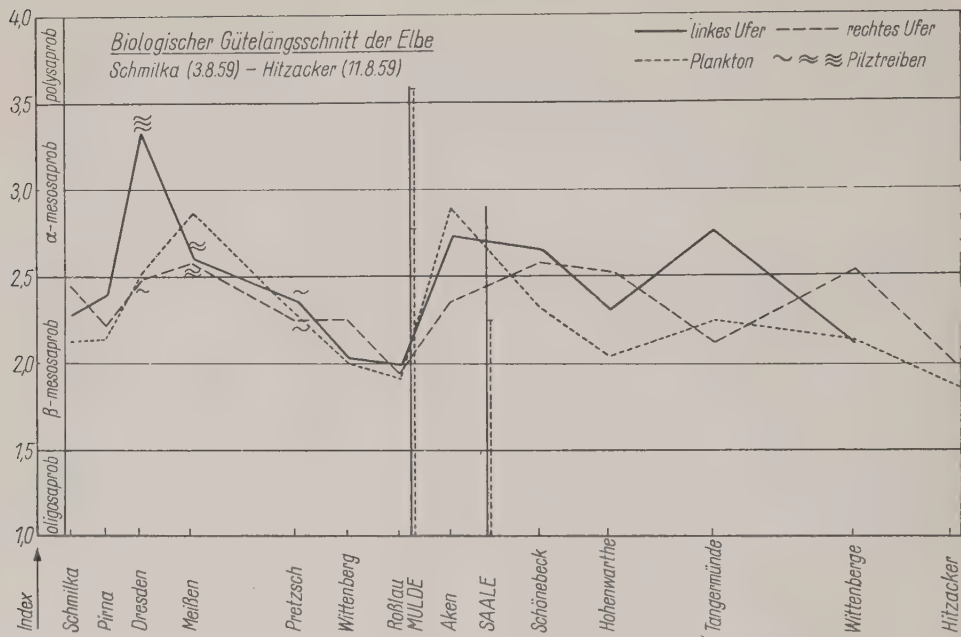


Abb. 1. Biologischer Gütelängsschnitt der Elbe im August 1959.

der Steinoberfläche, also derjenige Bewuchs entnommen, der in ständigem und unmittelbarem Kontakt mit dem fließenden Wasser steht. Makroorganismen wurden an Ort und Stelle registriert, die mikroskopische Untersuchung erfolgte entweder unmittelbar nach der Entnahme im Laborwagen oder nach spätestens 24 Stunden im Labor der Wasserwirtschaftsdirektion Mittlere Elbe-Sude-Elde Magdeburg. Für die Bestimmung der Diatomeen wurde von jeder Probe ein Glühpräparat hergestellt.

Zur qualitativen Untersuchung des Planktons wurden mit einem Planktonnetz Nr. 25 Proben entnommen. Die Stärke von Pilztreiben wurde geschätzt.

Die Organismen wurden nach dem revidierten Saprobiensystem (LIEBMANN 1951) eingeordnet und in Anlehnung an PANTLE und BUCK (1955) graphisch ausgewertet. In der Artenliste werden die folgenden Symbole benutzt:

Symbol	Häufigkeit (h)
+ = sehr selten	1
○ = selten	2
◔ = mehrfach	3
◑ = zahlreich	5
◕ = sehr zahlreich	7
● = Massenvorkommen	9
~ = schwaches Pilztreiben	
≈ = mäßiges Pilztreiben	
≋ = starkes Pilztreiben	

Der Saprobie-Index (S) wird durch die Formel

$$S = \frac{\Sigma\,(h \cdot s)}{\Sigma\,h}$$

bestimmt. Für die Häufigkeitsstufen (h) wurden 6 Werte entsprechend den Symbolen gewählt (s. oben). Der Saprobiewert (s) beträgt für

oligosaprob = 1
β-mesosaprob = 2
α-mesosaprob = 3
polysaprob = 4

Ehe der biologische Gütelängsschnitt besprochen wird, muß noch auf eine Fehlerquelle bei der biologischen Analyse hingewiesen werden. Der Biologe entnimmt den Uferbewuchs. Abwassereinleitungen bleiben im Strom aber in der Regel als „Abwasserfahne" auf längere Strecken hin an einem Ufer und werden daher zwangsläufig in der Bewuchsprobe registriert. Diese Erscheinung muß vor allem bei Untersuchungen innerhalb bebauter Flußstrecken berücksichtigt werden.

β) Der Bewuchs

Bei Schmilka ist die Elbe α—β-mesosaprob. Bis Pirna ist kaum eine Veränderung zu verzeichnen. Die stärkere Tendenz zum α-mesosaproben Bereich am rechten (Schmilka) und linken Ufer (Pirna) mag auf kleinere Abwasserzuläufe zurückzuführen sein.

Die Einleitung der Zellstoffabwässer in Heidenau bewirkt eine starke Verpilzung besonders des linken Elbeufers in Dresden. Das starke Pilztreiben hält sich deutlich auf der linken Elbseite. Etwas abgeschwächt finden wir es in Meißen über die ganze Strombreite verteilt. Der Saprobie-Index beträgt hier 2,6. In Pretzsch ist etwa der gleiche biologische Zustand wie bei Schmilka erreicht. Das Pilztreiben ist bei flüchtiger Betrachtung nicht mehr wahrnehmbar, doch kann man über der Sichttiefenscheibe ein ausgesprochenes Flöckchentreiben beobachten. Bei mikroskopischer Durchmusterung stellen sich diese Flöckchen als kleine mit Detritus bedeckte *Sphaerotilus*-Flocken dar. In Wittenberg zeigt die Probe am rechten Ufer einen höheren Saprobie-Index, da die zwischen Pretzsch und Wittenberg einmündende Schwarze Elster durch die Abwässer der Braunkohlenindustrie stark belastet ist.

Bei Roßlau erreicht die Elbe ihren bis dahin besten Zustand und kann als β-mesosaprob bezeichnet werden. Die Mulde bringt am Untersuchungstag eine außerordentliche Belastung in die Elbe. Sie ist polysaprob und verschlechtert die Wasserqualität der Elbe (am linken Ufer: Aken) um fast eine ganze Saprobiestufe! Da auch die Saale α-mesosaprob in die Elbe mündet, bleibt die Elbe bis Schönebeck α—β-mesosaprob. Die stärkere Belastung der linken Elbseite ist auch hier noch ausgeprägt. Trotz der Abwassereinleitungen im Raum Magdeburg verschlechtert sich die Qualität bis Hohenwarthe nicht mehr. Die städtischen Abwässer gelangen über die Ehle rechtsseitig in die Elbe, und entsprechend ist der Saprobie-Index in Hohenwarthe rechts $S = 2{,}53$ und links $S = 2{,}31$. Die Bewuchsproben Tangermünde links und Wittenberge rechts liegen zu dicht unterhalb der Abwassereinleitungen, als daß sie für die Beurteilung herangezogen werden könnten. Die anderen Uferproben ab Hohenwarthe abwärts weisen diesen Elbabschnitt als eine große Selbstreinigungsstrecke aus. Bei Hitzacker ist die Elbe wieder β-mesosaprob.

Werfen wir nun einen Blick auf die sommerliche Besiedlung der Elbe (Tabelle 1; 3. bis 11. 8. 1959).

Wie erwähnt, handelt es sich hier nur um eine kursorische Untersuchung, die lediglich den Zweck hat, den Verschmutzungsgrad der Elbe festzustellen. Die Artenliste erhebt also keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit. Dennoch läßt sich aus ihr einiges ablesen. Zunächst fällt das völlige Fehlen von Makrophyten und die Armut an Fischnährtieren auf. Große Mannigfaltigkeit finden wir dagegen im mikroskopischen Steinbewuchs. Die Indikatoren zeigen ein Vorherrschen β-mesosaprober und α-mesosaprober Organismen. Polysaprobier sind auf die Zonen stärkerer Verschmutzung beschränkt, während oligosaprobe Organismen nur vereinzelt im Gebiet oberhalb der Muldemündung und in der Grenzelbe gefunden wurden. Auf der ganzen untersuchten Elbstrecke sind regelmäßig die Diatomeen *Melosira varians*, *M. granulata*, *Synedra ulna* und *Nitzschia acicularis* sowie die Protococcalen *Scenedesmus quadricauda*, *S. acuminatus*, *Pediastrum boryanum* und *P. duplex* vertreten – alles Arten mit sehr weiter Verbreitung und Vorliebe für β-mesosaprobe, dabei eutrophe Gewässerverhältnisse (Krieger 1927). Ebenso allgemein verbreitet sind die häufigsten Organismen der α-mesosaproben Zone, nämlich *Navicula cryptocephala*, *N. viridula* sowie *Herpobdella* und *Carchesium*. Gleichzeitig

erhöhten Eisengehalt zeigt die α-mesosaprobe *Anthophysa vegetans* an. *Asellus aquaticus* war nach dem zweiten Weltkrieg durch Massenvorkommen zu einer Plage für das Wasserwerk Magdeburg/Buckau geworden (REISS, pers. Mitt.). Jetzt ist *Asellus*, wohl infolge der gestiegenen Verschmutzung der Elbe, stark zurückgegangen und wurde recht selten auf dem untersuchten Elbeabschnitt gefunden.

Interessehalber sei erwähnt, daß eine einzelne Bryozoenkolonie (*Plumatella repens*) bei Hohenwarthe beobachtet wurde. Die stark verschmutzten Stellen waren vor allem durch die Entwicklung von *Sphaerotilus natans* gekennzeichnet. Die „Verpilzung" unterhalb der Zellstoffwerke Heidenau bis Meißen wurde bereits erwähnt. Eine zweite Verpilzungsstrecke beginnt unterhalb der Muldemündung und erstreckt sich bis Hohenwarthe.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Organismen der Elbe für eutrophe Gewässerverhältnisse typisch sind. Die Ursache liegt in dem hohen Nährstoffangebot der Elbe. Salzreiche Zuflüsse hatten schon in früheren Zeiten den Salzgehalt der Elbe erhöht.[1]) Mit dem Aufblühen der Kaliindustrie hat sich der Salzgehalt unterhalb der Saale vervielfacht. Allerdings befindet sich die Elbe noch stets in der Oligostufe des NaCl-Spektrums nach THIENEMANN (1950). Anzeichen einer Versalzung bemerken wir darin, daß die Elbe von halophoben Organismen, etwa *Eunotia*- oder *Pinnularia*-Arten gemieden wird. Hingegen finden sich regelmäßig halophile Diatomeen, von denen *Nitzschia filiformis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula mutica* und *Bacillaria paradoxa* als die häufigsten genannt seien. Bei der Molluskenfauna fällt die Artenarmut bzw. ihr völliges Fehlen an einigen Entnahmestellen auf.

Im Rhein, der bezüglich der biologischen Milieuverhältnisse der Elbe stark ähnelt, fand BENISCH (1953) sehr häufig *Radix ovata*, ja er bezeichnet sie sogar als „Hauptorganismus" des Rheins. In der mittleren Elbe konnte sie lediglich 1959 auf dem Domfelsen in Magdeburg nachgewiesen werden.

γ) Das Plankton der Elbe

Wenngleich man bei der Elbe nicht von autogenetischem Potamoplankton sprechen kann, enthält doch das Elbwasser vor allem im Sommer eine große Menge allogenetischer Planktonorganismen. Diese werden aus Seen, Teichen, Talsperren und einigen Flüssen (Havel, Elde) in die Elbe gespült, wo sie größtenteils am Leben bleiben und sich in gewissen Grenzen auch vermehren. In der kanalisierten böhmischen Elbe mag es freilich ein sich selbst regenerierendes Plankton geben.

Wieweit das eingespülte Plankton im Strom erhalten bleibt, zeigte KOLKWITZ bereits 1912, als er schweizerische Planktonorganismen im Rhein noch bei Oberwesel nachwies.

Das Seston enthält daneben losgerissene Aufwuchsorganismen und unbelebte Partikel, die durch die Turbulenz des Wassers in der Schwebe gehalten werden. Tychoplanktisch sind unter anderen auch die echten und unechten Abwasserpilze, die im Falle eines Pilztreibens den Hauptanteil der Netzausbeute ausmachen. Da mit der fließenden Welle Reinwasserorganismen in Schmutzwasserzonen und umgekehrt Schmutzwasserorganismen in Reinwasserbezirke getragen werden, können die Plankter nicht zur Charakterisierung einer bestimmten Gewässerstelle herangezogen werden. Hingegen lassen das Plankton und auch die unbelebten Schwebestoffe oft Rückschlüsse auf die Herkunft des Wassers zu.

Für die Selbstreinigungskraft eines Stromes ist das Plankton von unschätzbarer Bedeutung. Während wir den Gebirgsbach etwa mit dem Tropfkörper vergleichen können — bei beiden spielen sich die Selbstreinigungsvorgänge in erster Linie an der Steinoberfläche ab — müssen wir den Strom mit dem Belebtschlammbecken vergleichen. Im Strom spielt sich die biologische Selbstreinigung wie beim Belebungsbecken vor allem an der Oberfläche der belebten Flocke ab.

In allen Planktonproben wiederkehrend finden wir die typischen Organismen des sommerlichen Seenplanktons mit den Kieselalgen *Fragilaria crotonensis*, *Melosira granu-*

[1]) Dafür sprechen bereits deren Namen, wie Saale, Salze, Sülze, Solgraben.

lata und *Asterionella formosa*, mit *Pediastrum*, *Scenedesmus* und verschiedenen Rotatorien. Tychoplanktisch ist mit erstaunlicher Regelmäßigkeit die α-mesosaprobe *Anthophysa vegetans* zu verzeichnen. In Schmilka finden wir unter den unbelebten Schwebestoffen viel Kohleteilchen und Faserstoffe.

Viele Holzfasern finden sich erklärlicherweise in Dresden unterhalb der Zellstofffabrik Heidenau. Hier, wie auch in Meißen, wird allerdings das Planktonbild vor allem durch *Sphaerotilus natans* bestimmt. In Pretzsch und Wittenberg können die *Sphaerotilus*-Flocken im Zerfall beobachtet werden. Statt der langfaserigen Zotten finden wir hier von wenigen *Sphaerotilus*-Fäden durchsetzte Detritusflöckchen. Das übrige „Seen"-plankton ist offenbar weit langlebiger als *Sphaerotilus*, so daß wir in Roßlau wieder ein β-mesosaprobes Plankton verzeichnen.

Während das Elbeplankton solche Verschmutzungszonen wie etwa unterhalb Dresdens gut überstehen konnte, war das beim Plankton der Mulde nicht der Fall.

Im Muldeplankton sind lediglich *Sphaerotilus* mit *Carchesium polypinum* und *Vorticella microstoma* lebend; die übrigen, größtenteils β-mesosaproben Plankter sind abgestorben oder encystiert.

Das Saaleplankton enthält zwar noch reichlich Reinwasserorganismen, doch fällt im mikroskopischen Bild die übermäßig starke Belastung mit anorganischen Schwebestoffen auf. Asche- und Kohleteilchen, insbesondere aber die Schwimmschlacke aus dem Niederschachtofenwerk Calbe machen den Hauptanteil des mikroskopischen Bildes aus. Sie bedecken weite Strecken des Saaleufers und sind in der Elbe bis Magdeburg nachzuweisen.

In Schönebeck und Tangermünde sind neben den ersterwähnten Planktonorganismen die eisenanzeigenden Flagellatenkolonien von *Anthophysa vegetans* recht häufig.

Sieht man von den Stellen stärkerer Verpilzung der Elbe ab, so verkörpert das Elbeplankton stets einen im Vergleich zum Bewuchs besseren Saprobiewert und liegt größtenteils im β-mesosaproben Bereich. Das hat seine Ursache im Fehlen typischer Planktonorganismen in den stärker saproben Bereichen. Über den Rückgang des Planktons im Winter wurde bereits berichtet.

b) Biologischer Gütelängsschnitt der Elbe im Dezember 1959

Hatte das sommerliche Längsprofil noch recht günstige Gewässerverhältnisse mit ausgedehnten Erholungsstrecken in der Elbe gezeigt, so werden wir am Beispiel einer Längsbefahrung bei Niedrigwasser (Pegel Magdeburg 105 cm – 213 m^3/s) und tiefer Temperatur (5 bis 6 °C) weit schlechtere Zustände kennenlernen. In der Zeit vom 1. bis 3. 12. 1959 wurde der Elbabschnitt von Roßlau bis unterhalb Boizenburg (Vier) untersucht (s. Abb. 2).

Im Vergleich zur Sommerbefahrung ist die Elbe bei Roßlau um eine ganze Saprobiestufe stärker belastet (S = 3.3 gegenüber 2.0 im Sommer). Es herrscht ein leichtes Pilztreiben, das bis Hohenwarthe anhält.

Die Mulde ist organisch außerordentlich verunreinigt, sauerstoffleer und besitzt einen Saprobie-Index von 3.95! Zooglöen, *Sphaerotilus* und *Colpidium colpoda* bestimmen das mikroskopische Bild. Bildet man hier den biologischen Index nach Gabriel (1954),

$$Bi = \frac{2 \times \text{Produzenten}}{\text{Konsumenten} + \text{Reduzenten}},$$

so erhält man, bedingt durch das Fehlen autotropher Organismen, den Wert 0, der besagt, daß die Mulde ein übermäßig starkes Angebot an organischer Bakteriennahrung aufweist, daß sich demzufolge Bakterien und Bakterienfresser, aber keine Pflanzen entwickeln können.

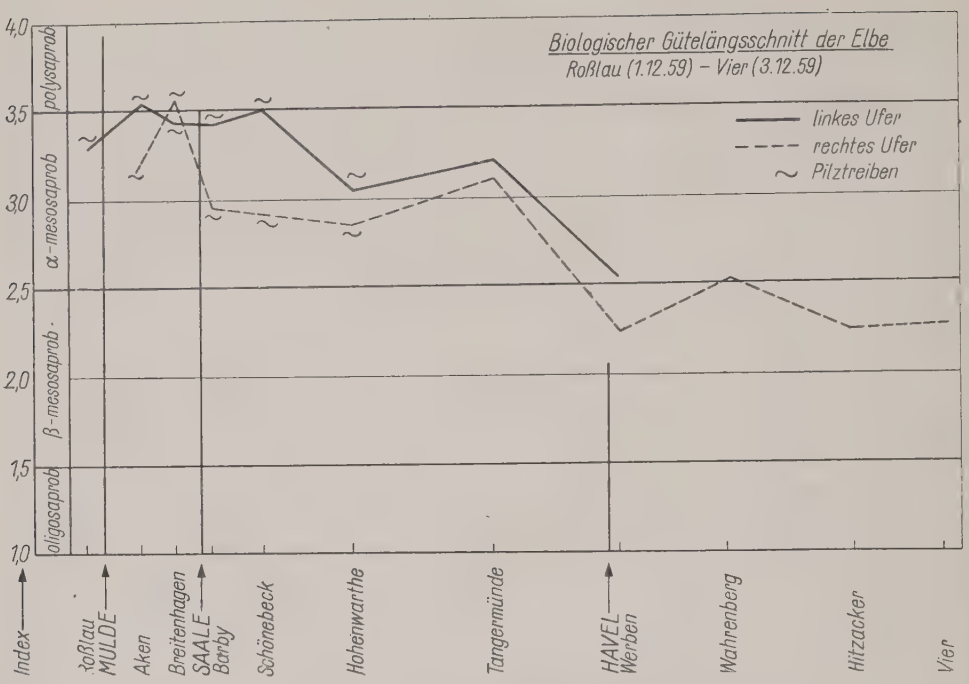


Abb. 2. Biologischer Gütelängsschnitt der Elbe im Dezember 1959.

Das biologische Bild der Mulde hat sich erst in den letzten Jahrzehnten so nachteilig entwickelt. KOLKWITZ und EHRLICH (1907) bezeichnen die Mulde in ihrem Unterlauf als schwach verunreinigt. Auch SCHROEDER (1939) fand noch eine reiche Flora von meist β-mesosaproben Diatomeen an der Muldemündung. Im Oberlauf war die Mulde allerdings auch damals schon stark verschmutzt.

Die Auswirkungen der Mulde auf die Elbe lassen sich besonders am linken Ufer in Aken erkennen, den Bewuchs kann man hier fast als polysaprob bezeichnen. *Sphaerotilus*-Flocken überziehen alle im Wasser befindlichen Gegenstände. Zooglöen und Schmutzwasser-Ciliaten finden sich in dieser Lebensgemeinschaft (s. Tabelle 2: 1. bis 3. 12. 1959).

Die Saale ist im Winter α-meso- bis polysaprob und läßt ihren Einfluß auf das linke Elbufer noch bis Tangermünde erkennen. Dabei geht die Durchmischung der Saale mit der Elbe erstaunlich langsam vonstatten, was an Hand des höheren Salzgehaltes der Saale sehr schön verfolgt werden kann. Rund 50 km unterhalb der Saalemündung wurden bei Querschnittsuntersuchungen am linken Elbufer noch 200 mg/l Cl mehr als am rechten Ufer gefunden (s. Abb. 3).

Das linke Elbufer in Barby und Schönebeck gleicht im Saprobiegrad der Saale, aber auch das rechte Ufer ist α-mesosaprob. Die Abwässer der Stadt Magdeburg, deren Wirkung im Sommer in Hohenwarthe biologisch registriert wurde, lassen sich im Winter bis Tangermünde verfolgen, da die niedrige Temperatur die Selbstreinigung verlangsamt, die Selbstreinigungsstrecke also verlängert. Außerdem macht sich während der Kampagne die organische Belastung der Ohre bemerkbar, in deren Einzugsgebiet 4 Zuckerfabriken liegen. Somit wird das Ansteigen der Kurve in Tangermünde erklärlich. Eine merkliche Besserung in der Wasserqualität der Elbe ist erst in Werben durch den Einfluß der β-mesosaproben Havel zu erkennen. Waren bis hierher *Sphaerotilus natans* und *Carchesium polypinum* dominierend, so treten unterhalb der Havel β- und α-mesosaprobe Diatomeen in den Vordergrund: *Melosira varians*, *Diatoma vulgare* und *Synedra ulna* sowie *Navicula*

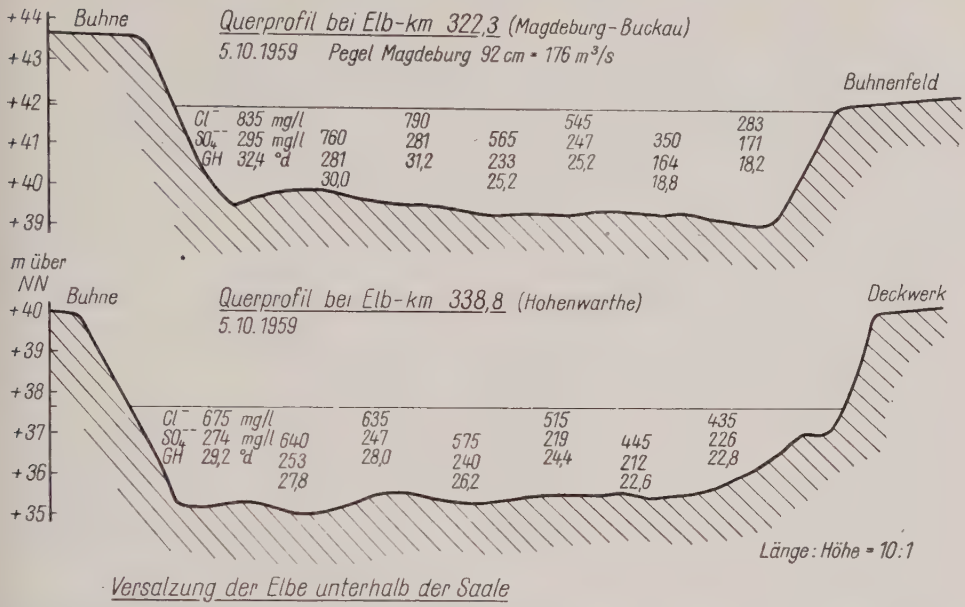


Abb. 3. Durchmischung des Saalewassers mit dem Elbwasser, dargestellt an Versalzungsquerprofilen der Elbe.

cryptocephala und *N. viridula* wurden mit der größten Häufigkeit gefunden. Eine Verschlechterung in der Saprobie wird noch einmal in Wahrenberg registriert, da wenige Kilometer oberhalb einer der größten Abwasserlieferanten, nämlich das Zellwollewerk Wittenberge, täglich rund 100000 m³ Abwasser in die Elbe entläßt. Weiter unterhalb bei Hitzacker hat die Elbe im Dezember wieder einen Saprobie-Index von 2,3, kann also noch als β-mesosaprob bezeichnet werden.

Im Vergleich zur Sommeruntersuchung läßt sich feststellen, daß die Verunreinigung aus dem sächsischen Raum bei Roßlau noch nicht wieder abgebaut ist. Mulde und Saale, die jetzt an ihrer Mündung noch stärker verschmutzt sind, beeinträchtigen die Elbwasserqualität nachhaltig bis in den Tangermünder Raum. Erst die Havel, die als einzige von den größeren Nebenflüssen kaum verunreinigt ist, bringt eine wesentliche Verbesserung in der Elbwasserqualität.

4. Ökologische Besonderheiten des Elbstromes

a) Die chemischen Verhältnisse

Da chemische Untersuchungen aus der Elbe vorliegen (Berichte des Flußwasseruntersuchungsamtes Magdeburg 1927 bis 1945, Bauch 1958, Kaeding u. Rummel 1960 u. a.), braucht hier nicht genauer darauf eingegangen zu werden. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die Abwasserkonzentration während der Niedrigwasserperiode 1959 zu teilweise untragbaren Zuständen und Schwierigkeiten für die Wassernutzer geführt hat (Trinkwasserversorgung der Stadt Magdeburg!).

Zur organischen Belastung soll erwähnt werden, daß das Elbwasser besonders reich an schwer abbaubaren Substanzen ist. So betrug der biochemische Sauerstoffbedarf am 1. 12. 1959 bei Breitenhagen nach 2 Tagen (BSB_2) 8.9 mg/l, der BSB_5 35 mg/l und der BSB_{10} 88 mg/l. Nach 10 Tagen ist dabei der Abbau noch lange nicht abgeschlossen.

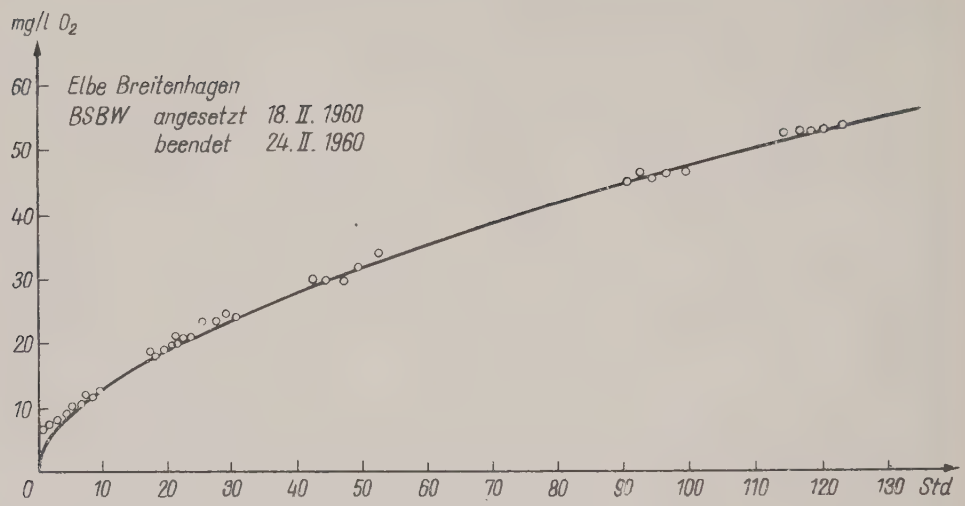


Abb. 4. BSB-Abbaukurve des Elbwassers (Breitenhagen 18. 2. 1960), ermittelt mit dem Warburg-Apparat.

Ähnliche Ergebnisse wurden bei der beschleunigten BSB-Bestimmung mit der Warburg-Apparatur erzielt. Der BSB (W) betrug am 18. 2. 1960 bei Breitenhagen nach 6tägiger Laufzeit 54 mg/l, wobei die Kurve noch immer im Steigen begriffen war (s. Abb. 4). Hier liegen also biologisch schwer zugängliche Stoffe vor, wie sie unter anderen beim Abbau der Zellstoff- und Phenolabwässer auftreten. Ob es sich dabei um huminartige Stoffe handelt, soll noch geprüft werden. Für diese Annahme spricht unter anderem die bräunliche Färbung des Elbwassers, die von Schmilka bis Bitter ansteigt. Die biologische Selbstreinigung endet also entweder mit völliger Mineralisation oder aber mit der Umwandlung in organische Stoffe, die nicht oder nur sehr langsam weiter abgebaut werden können. So nimmt es auch nicht wunder, daß bei der Sommerbereisung in Schmilka bei einem $KMnO_4$-Verbrauch von rund 50 mg/l α-β-mesosaprobe Verhältnisse, dagegen bei Bitter bei einem $KMnO_4$-Verbrauch von 75 mg/l β-mesosaprobe Zustände angetroffen wurden. Der höhere Gehalt an organischen Stoffen bei Bitter belastet den Sauerstoffhaushalt der Elbe weniger als der um ein Drittel niedrigere Gehalt bei Schmilka. Je weiter wir stromab gehen, desto höher liegt der nach erfolgter Selbstreinigung verbleibende Gehalt an biologisch schwer zugänglichen organischen Endprodukten. Dennoch stellt auch der Gehalt an langsam abbauenden Stoffen eine latente Gefahr für den Elbstrom dar. Hatten im Dezember in einigen Altarmen und Kanälen der Elbe bereits Fischsterben durch Ersticken unter Eis stattgefunden, so muß sich bei der gegenwärtigen Abwasserbelastung ein Eisstand geradezu katastrophal für das Leben in der Elbe auswirken.

b) Das Lichtklima

Das Lichtklima stellt in der Elbe einen weiteren ökologischen Faktor für die Entwicklung der autotrophen Organismen dar, und zwar sowohl bezüglich der Qualität als auch der Quantität des Lichtes. Die Lichtqualität des Elbewassers soll an Hand seiner typischen Farbkurve, also des Logarithmus des Extinktionsmoduls dargestellt werden (s. Abb. 5).

Ein fast gleichmäßiges Ansteigen der Extinktion nach dem kurzwelligen Bereich zeigt, daß in den größeren Tiefen der Elbe nur noch die roten und gelben Anteile das Licht ausmachen. Zum Vergleich wurde die typische Farbkurve der Donau (umgerechnet

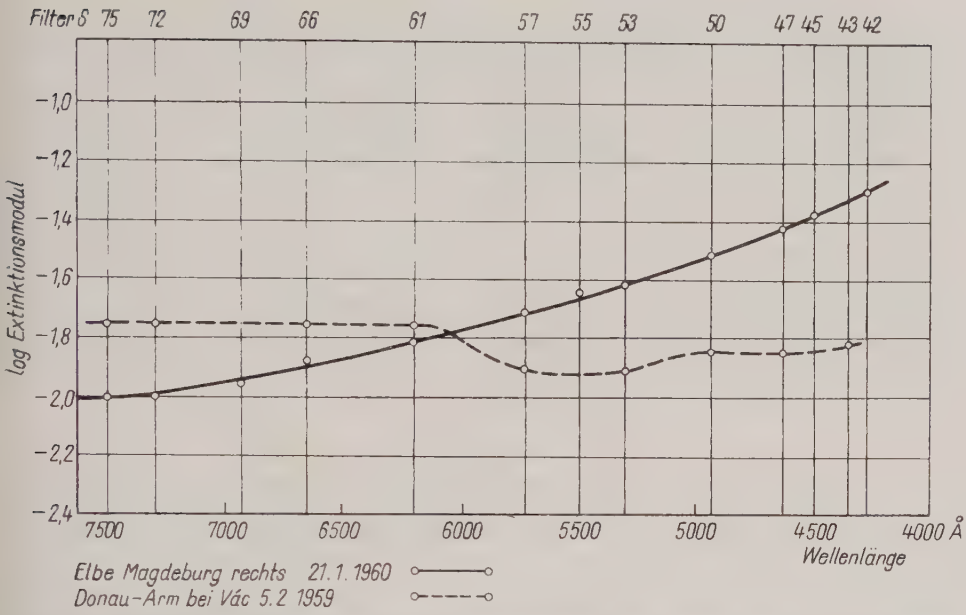


Abb. 5. „Typische Farbkurven" der Elbe bei Magdeburg und der Donau oberhalb von Budapest.

aus dem Transmissionsgrad nach Messungen von Dvihally 1959) eingezeichnet. Deren Wasser zeigt die geringste Extinktion im gelbgrünen Bereich, der hier in größerer Tiefe das Licht ausmacht. Von den grünen Pflanzen, etwa Protococcalen und Chlorophyceen, ist das rote Licht der Elbe assimilatorisch besser auszunutzen als das gelbgrün-grüne des Donauwassers. Braune Algen, wie die Diatomeen, sind freilich dank ihres Fucoxanthingehaltes auch zur Ausnutzung des grünen Lichtes befähigt (Tanada 1951, nach Gessner 1955).

Von größerer Bedeutung als die Lichtfarbe ist jedoch im stark getrübten Strom die Lichtquantität, die hier in erster Linie als begrenzender Faktor des Pflanzenlebens in Frage kommt. Einen ungefähren Eindruck von der Trübung des Elbwassers gibt uns die Sichttiefe über der Secchischeibe. Sie betrug bei der sommerlichen Bereisung von Schmilka bis Wittenberg 60 cm, von da ab gleichbleibend bis Wittenberge 40 cm und in Höhe von Hitzacker 45 cm. Bemerkenswert ist, daß die Sichttiefe unterhalb Dresdens trotz des starken Pilztreibens 60 cm, dagegen bei Roßlau nur 40 cm betrug. Die feinzerteilten, suspendierten Detritusflöckchen bewirken offenbar eine stärkere Streuung des Lichtes als die kompakteren, groben *Sphaerotilus*-Flocken. Das Muldewasser mit fast schwarzem Aussehen besaß nur 10 cm Sichttiefe!

c) Die Ufervegetation

Wie stark die geringe Durchsichtigkeit des Elbwassers die Vegetation hemmt, wird bei der Betrachtung der Wasserspiegelschwankungen klar, die in wenigen Tagen oft Meter betragen. Steigender Wasserspiegel läßt die Ufervegetation sehr bald in die lichtarmen Tiefen versinken, in denen die Assimilationsbilanz negativ wird; fallender Spiegel läßt die Litoralpflanzen austrocknen. Eine Wiederbesiedlung der relativ schmalen euphotischen Zone ist nur Arten mit hoher Vermehrungsrate möglich, während Makrophyten praktisch keine Lebensmöglichkeit am Elbufer finden.

Wie sich die Talsperre vom See unterscheidet, so unterscheidet sich der Strom vom kleinen Fluß oder Kanal. Strom und Talsperre sind auf Grund der Wasserspiegelschwankungen bar eines Gelegegürtels. Beim Strom wird die höhere Vegetation daneben durch Wellenschlag und Eisschollentreiben gehemmt (KOLKWITZ und EHRLICH 1907).

Das Überwiegen heterotropher Organismen im Winter wird außer durch das höhere Nährstoffangebot infolge verringerter Selbstreinigung auch durch die niedrigere Vermehrungsrate der Algen bedingt, die die ständig wechselnden Standorte nicht schnell genug besiedeln können. Zudem ist der lichtunabhängige *Sphaerotilus natans*, die Charakterform der Elbe während der kalten Jahreszeit, gerade durch hohe Vermehrungsintensität auch bei niedrigeren Temperaturen bekannt (LIEBMANN 1950).

Auch für höhere Tiere wirken die Spiegelschwankungen der Elbe auslesend. So kann die sessile Dreikantmuschel *Dreissensia polymorpha*, die von PAPE 1952 und BAUCH 1955 unterhalb der Havelmündung registriert wurde, nur unterhalb des niedrigsten Wasserspiegels existieren. Sofern sie also trotz der Elbwasserverschmutzung überhaupt noch vorkommt (1959 konnte Verf. keine nachweisen), steht ihr als Aufwuchsfläche nur die unterste Partie der Buhnen zur Verfügung.

d) Der Stromgrund

Der Grund der Elbe ist fast im ganzen Stromverlauf lebensfeindlich und kaum besiedelt. Vor allem die in ständiger Bewegung befindlichen Sande und Kiese, wie auch stellenweise fette Tonböden, machen ein Tier- oder Pflanzenleben praktisch unmöglich. CASPERS 1952 bezeichnet die Stromrinne der Unterelbe geradezu als Tabula rasa! Eine Ausnahme stellt in dieser Beziehung der Domfelsen in Magdeburg dar, auf dem man bei Niedrigwasser trockenen Fußes bis in die Strommitte gelangen kann. Hier finden Algen eine feste Aufwuchsfläche, hier können sich reichlich Mollusken entwickeln, und hier konnten auch noch zahlreiche Kolonien von *Cordylophora lacustris* nachgewiesen werden. An Schnecken wurden am 2. 6. 1959 häufig *Bithynia tentaculata*, *Ancylus fluviatilis*, *Radix ovata* und *Physa fontinalis* gefunden. Der Saprobie-Index der „Lebensgemeinschaft Domfelsen" liegt in der Regel etwas niedriger als der der umliegenden Elbbiotope. Offenbar ist das reißende Wasser hier physiologisch sauerstoffreicher, wodurch auch anspruchsvollere Organismen noch gedeihen können.

Rückblickend muß festgestellt werden, daß sich das biologische Gütebild der Elbe im mitteldeutschen Raum gegenüber früheren Untersuchungen bedenklich verschlechtert hat. Gerade die Niedrigwasserperiode des Herbstes 1959 zeigte drastisch die außerordentliche Abwasserbelastung der Elbe. Infolge des anhaltend niedrigen Sauerstoffgehaltes trieben wochenlang einzelne erstickte Fische elbabwärts. Ein Eisstand hätte zwangsläufig zu einem Totalfischsterben führen müssen! Gegenüber früheren Untersuchungen wirkt sich aber auch die Verschmutzung unterhalb der Stadt Magdeburg heute weit weniger aus, da hier seit einigen Jahren eine neue Kläranlage in Betrieb ist. Es bleibt zu hoffen, daß die bereits in Angriff genommenen Kläranlagenprojekte für die anderen Großstädte und Industrien im mitteldeutschen Raum zügig zur Ausführung gelangen, damit die Elbe wieder gesunden möge!

5. Zusammenfassung

Das biologische Gütebild der Elbe zwischen Schmilka und Bitter wird an Hand von zwei Elbreisen besprochen. Zwei Hauptverschmutzungszonen sind durch typische Abwasserlebensgemeinschaften gekennzeichnet: der Raum Dresden und die Strecke unterhalb derjenigen Nebenflüsse, die der Elbe die größte Menge an Abwasserstoffen zuführen, unterhalb Mulde und Saale. Während im Sommer sowohl die sächsische als auch die Verschmutzungszone im Bereich der mittleren Elbe bald durch β-mesosaprobe Verhältnisse abgelöst wird, zeigt die winterliche Untersuchung erst unterhalb der Havel eine deut-

liche Erholung der Elbe. Im Sommer führt die Elbe reichlich Phytoplankton, dessen Bedeutung für die biologische Selbstreinigung hervorgehoben wird. Der erhöhte Salzgehalt der Elbe wird biologisch registriert durch Dominanz halophiler bzw. indifferenter Arten gegenüber halophoben Formen. Erhöhter Gehalt an organischen Stoffen, auch solchen, die biologisch nur langsam abgebaut werden, stellt eine ständige Gefahr für den Sauerstoffhaushalt und damit für das Leben in der Elbe dar. Das rötliche Licht im Elbwasser ist von grünen Pflanzen assimilatorisch gut ausnutzbar, doch begrenzen Trübung und schwankender Wasserstand die Vegetation. Im Elbstrom wurden keine Makrophyten beobachtet. Die Stromrinne der Elbe ist mit Ausnahme des Magdeburger Domfelsens praktisch abiotisch. Gegenüber früheren Untersuchungen wird eine bedeutende Verschlechterung des biologischen Zustandes festgestellt, so daß eine großzügige Bereinigung der Abwasserfrage, wie sie jetzt allenthalben in Angriff genommen wird, dringend erforderlich erscheint.

6. Literatur

Bauch, G., 1958: Untersuchungen über die Gründe für den Ertragsrückgang der Elbfischerei zwischen Elbsandsteingebirge und Boizenburg. Zschr. Fischerei **7**, N. F., 161—437.

Beer, W.-D., 1958: Untersuchungen über die toxische Wirkung von Phenolen und phenolhaltigen Industrieabgängen auf Wasser- und Landorganismen. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig, math.-nat. Reihe **8**, 67—96.

Benisch, J., 1954: Das augenblickliche biologische Bild des Rheins auf der Strecke von Honnef bis Emmerich, dargestellt auf Grund einer Untersuchung im Oktober 1953. Vom Wasser **XXI**, 33—83.

Berichte des Flußwasseruntersuchungsamtes in Magdeburg über die Tätigkeit des Amtes in den Jahren 1927—1945 (nicht veröffentlicht).

Berichte über „Qualitative Untersuchungen des Elbewassers", hrsg. Wasser- u. Schiffahrtsdir. Hambg. 1954—1959 (nicht veröffentlicht).

Caspers, H., 1948: Ökologische Untersuchungen über die Wattentierwelt im Elbe-Ästuar. Verh. Dtsch. Zool., Kiel, 350—359.

— 1952: Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrrinne der Unterelbe und im Vormündungsgebiet der Nordsee. Verh. Dtsch. Zool. Ges., Wilhelmshaven, 404—418.

Dvihally, Z., 1959: Optikai vizsgálatok a váci Duna—ág alsógödi szakaszán. Hidrológiai Közlöny **5**, 357—364.

Geniesser, K., 1958: Vom Lauf der Elbe. Natur u. Heimat **8**, 228—232.

Gessner, F., 1955: Hydrobotanik. Bd. I. Verl. d. Wiss. Berlin.

Kaeding, J., u. Rummel, W., 1960: Chemische und physikalische Beschaffenheit des Elbstroms im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Wasserwirtschaft - Wassertechnik **10**, 436—443.

Kisker, G., 1926: Die Fischerei in der mittleren Elbe. Zschr. f. Fischerei.

— 1936: Die Lage der Fischerei an der mittleren Elbe. Fischerei-Ztg. Neudamm **39**, 319—320.

Knöpp, H., 1954/55: Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Mains. Die Wasserwirtschaft **45**, 1, 9—15.

Kolkwitz, R., u. Ehrlich, F., 1907: Chemisch-biologische Untersuchungen der Elbe und Saale. Mitt. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. zu Berlin **9**, 1—110.

— 1912: Quantitative Studien über das Plankton des Rheinstroms von seinen Quellen bis zur Mündung. Mitt. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg. u. Abwässerbeseitig. **16**, 167—209.

Krieger, W., 1927: Zur Biologie des Flußplanktons. Fischer, Jena.

Kühl, H., u. Mann, H., 1953: Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröff. Inst. f. Meeresforschg. Bremerhaven B. II, 236—268.

Liebmann, H., 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, Bd. 1. Oldenbourg, München.

Meschkat, A., 1937: Abwasserbiologische Untersuchungen an einem Buhnenfeld unterhalb Hamburgs. Arch. Hydrobiol. **XXXI**, 399—432.

Pantle, R., u. Buck, H., 1955: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- u. Wasserfach **96**, 604.

Pape, A., 1952: Untersuchungen über die Erträge der Fischerei der Mittelelbe und die Auswirkungen ihres Ertragsniederganges. Zschr. Fischerei **1**, N. F., 45—72.

Schroeder, H., 1939: Die Algenflora der Mulde. Pflanzenforschg **21**, Fischer, Jena.

Seeler, T., 1935: Über eine quantitative Untersuchung des Planktons der deutschen Ströme unter besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Abwässern und der Vorgänge der biologischen Selbstreinigung. Arch. Hydrobiol. **XXVIII**, 323—356.

Symon, K., u. Autorenkollektiv, 1954: Vyšetřovaci metody v hygieně. Prag.

Thienemann, A., 1950: Verbreitungsgeschichte der Süßwassertiere Europas. Die Binnengewässer **18**, Schweizerbart, Stuttgart.

Volk, R., 1914: Mitteilungen über die biologische Elbeuntersuchung des Naturhistorischen Museums in Hamburg. Zschr. Fischerei **XIV**, 30—65.

Dipl. Biol. Helmut Klapper,
Magdeburg,
Kühleweinstraße 4

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	65—74

Ute Kralik

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig

BEITRÄGE ZUR SYSTEMATIK VON PERITRICHEN CILIATEN

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 65
1. Zur Biologie der sessilen peritrichen Ciliaten 65
2. Beispiele der Artentrennung 66
a) Artentrennung bei aloricaten Peritrichen 66
b) Artentrennung bei loricaten Peritrichen 68
α) Die Gehäusetinktion 68
β) Formvariationen der Gehäuse 69
γ) Größenvariationen der Gehäuse 70
δ) Variabilität der Tiere 70
ε) Modifikationen 72
3. Zusammenfassende Bemerkungen zu den Bestimmungsmerkmalen 73
Zusammenfassung 73
Literatur 74

Einleitung

Die Ciliaten haben bei der Wasseranalyse besondere Bedeutung erlangt, da sie einerseits Kosmopoliten sind und andererseits durch große Individuenzahlen in bestimmten Gewässerregionen auffallen, so daß sie mit Erfolg in verschiedene Saprobiestufen eingruppiert wurden. Die Systematik und die damit verbundene Bestimmung der Tiere spielt dabei eine große Rolle. Das einzige umfassende Bestimmungsbuch ist die Bearbeitung von Kahl (1935) in Dahl: Die Tierwelt Deutschlands. Daß die Systematik der Peritrichen besonders unsicher ist, wird jedem aufgefallen sein, der sich näher mit diesen Tieren beschäftigt hat. Es seien im folgenden Ergebnisse einer Reihe von Untersuchungen dargestellt, die die Schwierigkeiten und die Probleme in der Systematik der sessilen Peritrichen aufzeigen sollen.

1. Zur Biologie der sessilen peritrichen Ciliaten

Die festsitzenden Peritrichen finden sich fast in jedem Gewässer. Sie sind mit einem Stiel oder durch das Gehäuse an der Unterlage befestigt, an totem Substrat oder lebenden Pflanzen und Tieren. Die „Köpfchen" der Peritrichen sind untereinander recht gleichförmig gestaltet, sowohl im Hinblick auf die Form als auch auf die Bewimperung. Von den Kernen ist der Makronukleus im allgemeinen deutlich zu sehen, während der Mikronukleus erst angefärbt werden muß, damit er sichtbar wird. Die Kerne zeigen bei den einzelnen Arten wenig Unterschiede. Die Stielbildung ist sehr variabel.

Diese Einförmigkeit besonders der Vorticelliden gibt der systematischen Einteilung wenig Anhaltspunkte. Dazu kommt, daß sich die äußere Gestalt der Tiere stark ändern kann, besonders durch verschiedene Umwelteinflüsse wie Transport, Erschütterungen, Wärme u. a. Bei der Durchsicht des Materials kann man nicht immer feststellen, ob das

Peristom vollständig geöffnet ist oder nicht. Letzteres hätte eine Änderung des Längen-Breiten-Index zur Folge, der bei vielen Vorticelliden für die Bestimmung wichtig ist.

Die Nichtbeachtung der Möglichkeiten morphologischer Änderung bzw. die Schwankungsbreite vieler Merkmale führte zur Aufstellung vieler Arten. Die Bestimmung der Peritrichen nach Kahl (1935) läßt sehr oft das Gefühl der unbefriedigenden Unsicherheit zurück. Dies bestätigt Lust (1951) mit den Worten: „Bei nahe verwandten Formen überschneiden sich oft die Variationsbreiten zweier oder mehrerer Arten, so daß dadurch ein Teil der Formen zu beiden Arten gestellt werden kann. Daraus resultiert eine gewisse Unsicherheit, die einmal klar ausgesprochen werden soll". Der neue Bestimmungsschlüssel von Biegel (1954) ist unvollständig. Prüft man die Bestimmungsmerkmale an Hand eines großen Materials, so beginnt man zwangsläufig an ihrer Zuverlässigkeit zu zweifeln.

Die Grundlage der Systematik, das Vergleichsmaterial, kann nicht erbracht werden, da man die Peritrichen nicht fixieren kann, ohne daß sie dabei Peristom und Stiel kontrahieren. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß man Peritrichen nicht oder nur schwer züchten kann. Dadurch ist die Erfassung der Variabilität von Merkmalen an Hand eines Klons oder einer Population unterblieben.

Die genannten Gründe führten zur Aufstellung einer großen Artenzahl, die ständig erweitert wird. Eine kurze Neubeschreibung auf Grund eines oder weniger Tiere ist in jedem Falle einfacher, als der Versuch, die Tiere zu züchten oder durch eingehende Beobachtung eines umfangreichen Materials die Schwankungsbreite der Merkmale vorzunehmen. Mit anderen Worten: man ist im allgemeinen mit Neubeschreibungen sehr schnell bei der Hand. So beschrieben z. B. Nenninger (1948) und Sommer (1950) neue Arten ohne jede Beobachtung des Kerns. Die Zahl der Neubeschreibungen ist bei den epizoisch lebenden Peritrichen besonders groß, da die Trägertiere meist berücksichtigt werden (Nenninger 1948). Sehr ähnliche Individuen an verschiedenen Trägertieren oder an verschiedenen Regionen angeheftet, werden öfter als verschiedene Arten betrachtet. Es wäre in vielen Fällen wichtiger, in größerem Maße z. B. den Einfluß verschiedener Trägertiere oder verschieden stark bewegter Organe auf eine bestimmte Art festzustellen.

2. Beispiele der Artentrennung

a) Artentrennung bei aloricaten Peritrichen

Es sollen am Beispiel der beiden Arten *Vorticella convallaria* und *V. similis* die Schwierigkeiten bei der Bestimmung aufgezeigt werden. Dazu kommt, daß manche solitären Jugendformen von *Carchesium polypinum* den genannten Arten sehr ähnlich sehen können. Dann kann man nicht entscheiden, welche von den Einzelformen noch zu einer Kolonie heranwachsen werden, es sei denn, sie sehen schon typisch asymmetrisch aus, wie die Köpfchen einer Kolonie von *Carchesium polypinum*, oder haben schon einen solchen dicken Stiel wie diese.

Es müßte also eine genaue Untersuchung der Entwicklung von *C. polypinum* vom Schwärmer bis zur Kolonie alle morphologischen Stadien aufzeigen, um eine sichere Abgrenzung gegenüber den beiden anderen Arten zu ermöglichen.

Verfolgt man die Literatur von *Vorticella convallaria* und *V. similis*, so fallen Widersprüche auf. Die meisten Autoren betonen ihre Ähnlichkeit. Die Trennung erfolgt auf verschiedene Weise. Ehrenberg (1838) unterscheidet sie auf Grund ihres Vorkommens, ebenso Kahl (1935), de Madeyski (1936) und Liebmann (1951), wobei *V. convallaria* in stärker verschmutztem Wasser vorkommen soll als *V. similis*. Dagegen bezeichnet Gajewskaja (1933) beide Arten als eurytop, während Sommer (1950) nur *V. convallaria* als Ubiquist anspricht. Hammann (1952) findet beide Arten in sauerstoffärmeren Regionen. — Ich selbst fand sie ebenfalls weit verbreitet und mit ähnlichen Häufigkeitswerten an den betreffenden Untersuchungsgebieten (Kralik 1958).

Sieht man von den Widersprüchen ab, so hätte man dennoch wenig gewonnen, wenn man auf Grund des Zustandes des Gewässers auf die Art rückschließt, besonders bei einer

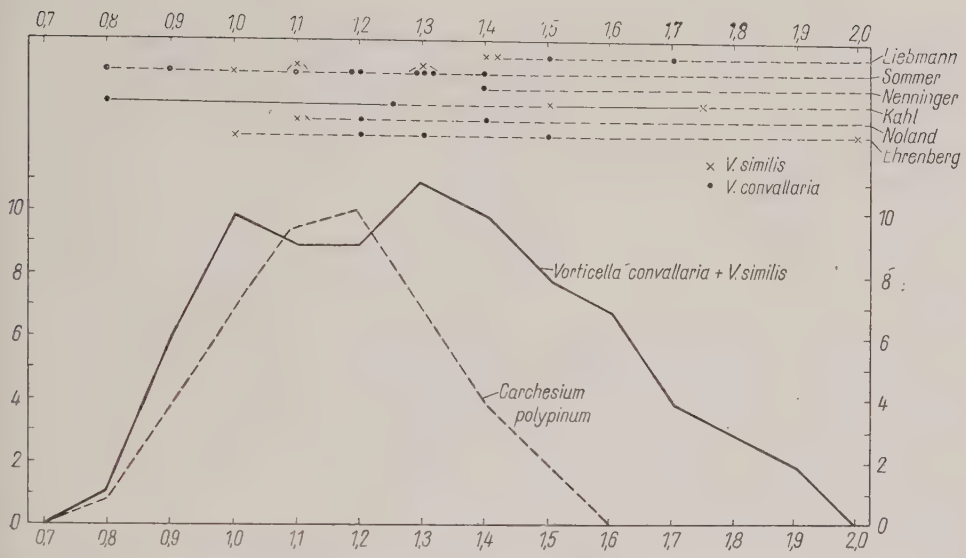


Abb. 1. Längen-Breitenindices (Absz.) in Abhängigkeit ihrer Häufigkeitswerte (Ordinate) von *Vorticella convallaria*, *V. similis* und *Carchesium polypinum*. Im oberen Teil sind die Indices der am Rande aufgeführten Autoren verzeichnet.

Wasserbeurteilung nach ihren Saprobiern, ganz abgesehen davon, daß es viele Arten mit großer ökologischer Amplitude gibt.

Beide Arten werden hauptsächlich auf Grund ihres Längen-Breitenindex getrennt: Kahl (1935), Liebmann (1951), Biegel (1954) u. a. Ordnet man die von den verschiedenen Autoren angeführten und von mir nachgemessenen Indices ihrer Abbildungen (s. Abb. 1 oben), so kann man wiederum keinerlei Übereinstimmung feststellen. Demnach scheint nur Kahl (1935) diese Arten in seinem Bestimmungsschlüssel nach den Indices zu trennen. Bei allen anderen überschneiden sie sich oder stehen im Gegensatz zu dem, was jeweils im Text gesagt wird.

Ich selbst stellte einige Versuche an, um dieser Frage des Unterschiedes beider Arten näherzukommen, da die Bestimmung nach Kahl (1935) und nach Biegel (1954) unbefriedigend erschien. Von 80 Individuen, die zu beiden Arten gehörten, wurde die Körperlänge und Peristombreite gemessen und die Längen-Breitenindices in Abb. 1 graphisch aufgezeichnet.

Vergleichsweise dazu wurden 45 Tiere von *Carchesium polypinum* gemessen und die Kurve ebenfalls mit eingetragen. Letztere zeigt ein Maximum bei dem Index 1,3, während die erstgenannte Kurve der beiden Arten zwei kleine Gipfel zeigt, deren Fußpunkte bei 1,0 und 1,3 liegen. Das Hauptmaximum liegt bei 1,3 bis 1,4. Individuen mit diesem Index sind nach Kahl (1935) gar nicht zu bestimmen, denn die Indices bis 1,25 und ab 1,5 führen zu den genannten Arten, und die dazwischen liegende Spanne von 1,25 bis 1,5 findet keinerlei Erwähnung. Die schwache Zweigipfligkeit der Kurve erscheint mir unwesentlich und kann auf keinen Fall zur Artentrennung herangezogen werden.

Die gemessenen Längen- und Breitenwerte von *V. convallaria* und *V. similis* wurden in anderer Weise in Abb. 2 dargestellt. Man sieht eine regellose Verteilung der Punkte mit einer Anhäufung bei einer Länge von 60 μ. Daß die Tiere eine bevorzugte Länge auf Grund des Lebensmilieus oder der Jahreszeit aufweisen, erwähnen auch Gajewskaja (1933), de Madeyski (1936) u. a. Wären es aber 2 Arten, die mit Hilfe des Längen-

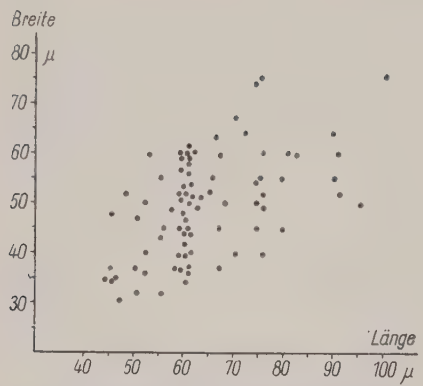


Abb. 2. Längen- und Breitenverhältnis von *Vorticella convallaria* und *V. similis*.

Breitenindex zu trennen wären, dann müßte dies in beiden Abbildungen zum Ausdruck kommen. Besonders Abb. 2 zeigt, daß das Material als einheitlich zu betrachten ist.

Die übrigen Unterscheidungsmerkmale, wie Schnelligkeit in der Bildung des aboralen Wimperkranzes und Stielgranula (Noland 1931), Körperfarbe, Form der Nahrungsvakuolen, Streifung, Granula, Beschaffenheit der Trägersubstanz u. a. (Kahl 1935, Nenninger 1948, Liebmann 1951 und Biegel 1954) sind ebenso unzuverlässig und umweltabhängig. Genaue Untersuchungen des Peristombaus und der Kernzyklen beider Arten müßten durchgeführt werden. Es erscheint jedoch sehr zweifelhaft, ob dabei gesicherte Unterschiede aufgefunden werden, da ja die Individuen auf Grund systematisch unzulänglicher Merkmale getrennt wurden.

b) Artentrennung bei loricaten Peritrichen

Als zweites Beispiel sei die Artentrennung innerhalb der Gattung *Platycola* angeführt. Die Gattung umfaßt nach Kahl (1935) 22 Arten, davon sind 3 marin. Von den Süßwasserformen ist *P. truncata* nach den Untersuchungen von Hammann (1952) und Kralik (1958) die häufigste Art der loricaten Formen mit weiter Verbreitung.

Die Bestimmung erfolgt meist nach dem Gehäuse, da dieses gut reproduzierbar und meßbar ist.

Die Tiere sehen sich meist sehr ähnlich. Die hauptsächlichsten Bestimmungsmerkmale der Gehäuse sind: Form und Größe, Farbe, Art der Halsausbildung und Breite des Haftsaums. Untersucht man ein großes Material von einer Art, z. B. von *P. truncata*, so beginnt man an der Zuverlässigkeit der angeführten Merkmale zu zweifeln, da die Variabilität gerade der Gehäuseausbildung recht groß ist (näheres s. Kralik 1961).

α) Die Gehäusetinktion

Die Auflagerung von Eisen-III-hydroxyd auf die organische Gehäusesubstanz läßt die Farbe der Gehäuse von hellgelb bis dunkelbraun variieren. Junge Gehäuse sind da-

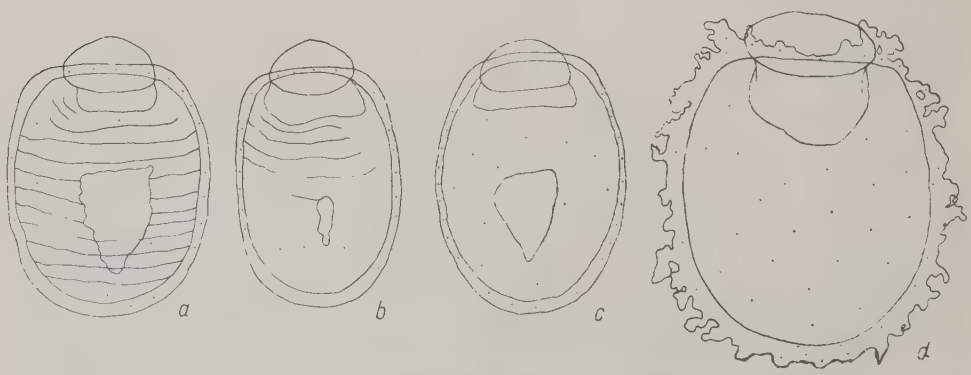


Abb. 3. Gehäusevariationen von *Platycola truncata* in bezug auf Streifung und Haftsaumbildung. Vergr. 170 : 1.

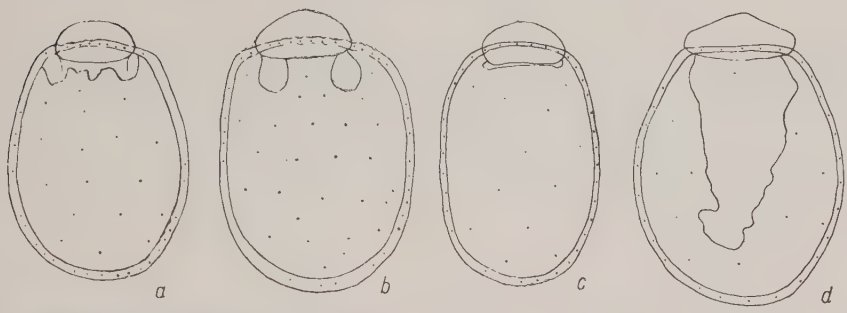


Abb. 4. Gehäusevariationen von *P. truncata*. Verschiedene Ausbildung der nicht gefärbten „hellen Stellen" unterhalb der Gehäusemündung (nicht punktiert). Vergr. 170 : 1.

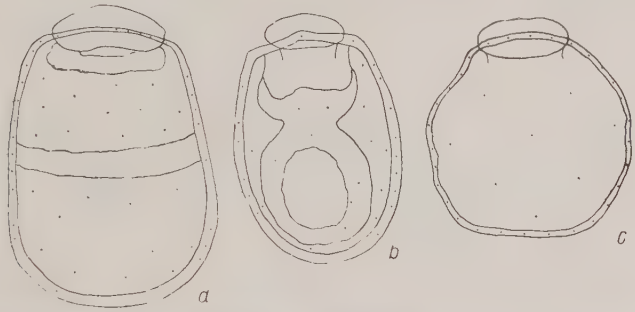


Abb. 5. Gehäusevariationen von *P. truncata*. Verschiedene Ausbildung der Eisenauflage. Stärkere Punktierung entspricht einer dunkleren Farbe. Daneben Variationen von Gehäuseumrissen und -öffnungen. Vergr. 170 : 1.

gegen vollkommen durchsichtig und farblos. Dazu kommt, daß nicht alle Gehäusepartien gleichmäßig angefärbt werden, sondern daß eine Fläche wechselnder Ausdehnung unterhalb des Halses und in der Mitte des Gehäuses hell bleiben kann (Abb. 3c). Außerdem kann diese Färbung in bestimmten Abständen vertieft sein, so daß Streifen quer über das Gehäuse entstehen (Abb. 3a), die sich jedoch nicht über das ganze Gehäuse erstrecken müssen (Abb. 3b). Abb. 3d zeigt, daß der Haftsaum auch fransenartig ausgebildet sein kann. Die zwei „hellen Stellen" sind nicht immer vorhanden. — Es kann aber auch ein heller Bezirk entstehen, der beide Gebiete umfaßt (Abb. 4d). Außerdem sind in Abb. 3 bis 5 verschieden geformte „helle Stellen" wiedergegeben. Selten findet man eine abgegrenzte Schichtenbildung (Abb. 5b). Es handelt sich dabei um verschieden dicke Eisenhydroxydauflagerungen. Die Farbtiefe wächst also mit der Schichtdicke. Die Tinktion richtet sich nach dem Eisengehalt des Wassers, ohne daß die Art an hohen Eisengehalt gebunden wäre.

β) Formvariationen der Gehäuse

Die Gehäuseform variiert mit allen Übergängen von länglich oval (Abb. 3d), nach hinten verbreitert (Abb. 5a), rund (Abb. 5c) und fast rechteckig (Abb. 4b). Demnach ist Kahls Unterscheidung nach der Gehäuseform — oval oder fast rechteckig — fraglich. Ebenso unsicher erscheint das von ihm aufgestellte Merkmal: „Mündung vom Vorderrand des Bodens überragt oder nicht" (s. Abb. 3a—d). Die Mündung ist rund (Abb. 4a), seltener spitz (Abb. 4b). In der Seitenansicht ist der Gehäusehals gerade oder eingedellt (vgl. Penard 1922, Hammann 1952).

γ) Größenvariationen der Gehäuse

Die Schwankung der Gehäuselänge weist beträchtliche Werte auf. Die Extreme liegen bei 62 und 145 μ. Die Gehäuse sind im Frühjahr und im Herbst statistisch gesichert größer als im Sommer. Bei niedrigen Wassertemperaturen sind die Tiere ebenfalls größer, was zahlreiche Autoren auch bei anderen Ciliaten feststellten. Bei hohen Temperaturen soll die Teilungsrate schneller wachsen als die Assimilation. – Mit der Gehäuselänge wä hst proportional die Gehäusebreite (Abb. 6).

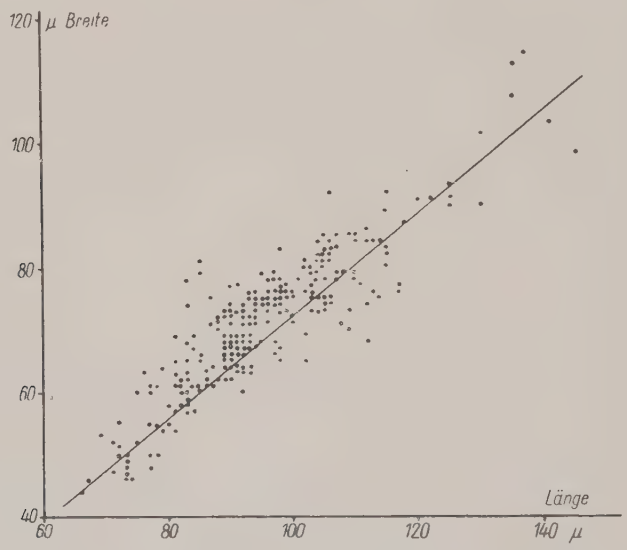


Abb. 6. Gehäuselänge (Absz.) im Verhältnis zur -breite von *P. truncata* (Ordinate). Die Kurve wurde rechnerisch ermittelt und eingezeichnet.

δ) Variabilität der Tiere

Abb. 7 zeigt eine Gesamtansicht einer normal ausgebildeten *Platycola truncata*. Es befinden sich ein oder häufiger zwei Tiere im Gehäuse. Sie sind gewöhnlich am inneren Rand des Gehäuses angeheftet; bei kleineren Gehäusen, die häufig während des Sommers auftreten, im hinteren Drittel (Abb. 8).

Die Form der feingestreiften Tiere variiert, wie die Abb. 9a c zeigen. Sie schwankt zwischen langzylindrisch (Abb. 9a), etwas unterhalb der Körpermitte deutlich verdickt (Abb. 9b) und vom Peristom beginnend basalwärts stetig verschmälert (Abb. 9c). Die Anheftungsstelle kann entweder verschmälert oder schwach schneidenartig verbreitert sein.

Die Lage der kontraktilen Vakuole schwankt stark. Sie liegt bei der Mehrzahl der Tiere in verschiedener Höhe links neben dem Cytopharynx (s. Abb. 7). Bei den kleinen Formen, die nicht am hinteren Gehäuserand angeheftet sind, ist sie nach rechts verschoben und rückt in die Höhe des Peristomwulstes und des Diskus (Abb. 8). Die Größe der kontraktilen Vakuole hat keine systematische Bedeutung, da sie sehr umweltabhängig ist.

Der Makronukleus ist lang-bandförmig, an den Enden meist verdickt; der Mikronukleus dagegen ist spindelförmig.

Es seien die Messungen einiger Größen angeführt, um die Schwankungsbreite anzugeben. Angaben in μ.

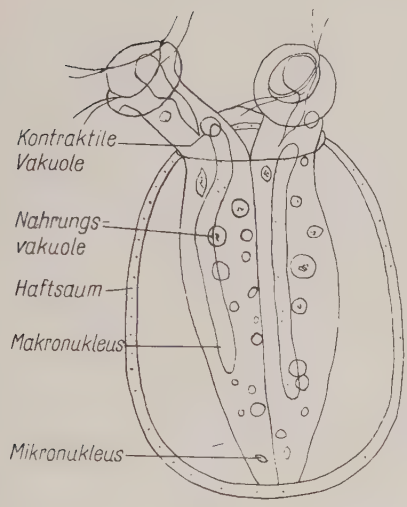


Abb. 7

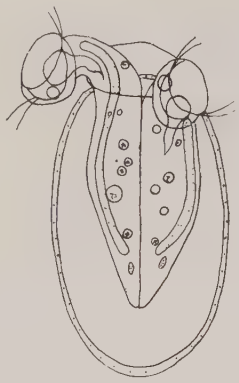


Abb. 8

Abb. 7. Normale Körper- und Gehäuseform von *P. truncata*. Makro- und Mikronukleus sind hier und in den folgenden Abbildungen fein, der Haftsaum grob punktiert. Vergr. 440 : 1.

Abb. 8. Kleine Form von *P. truncata*. Vergr. 360 : 1.

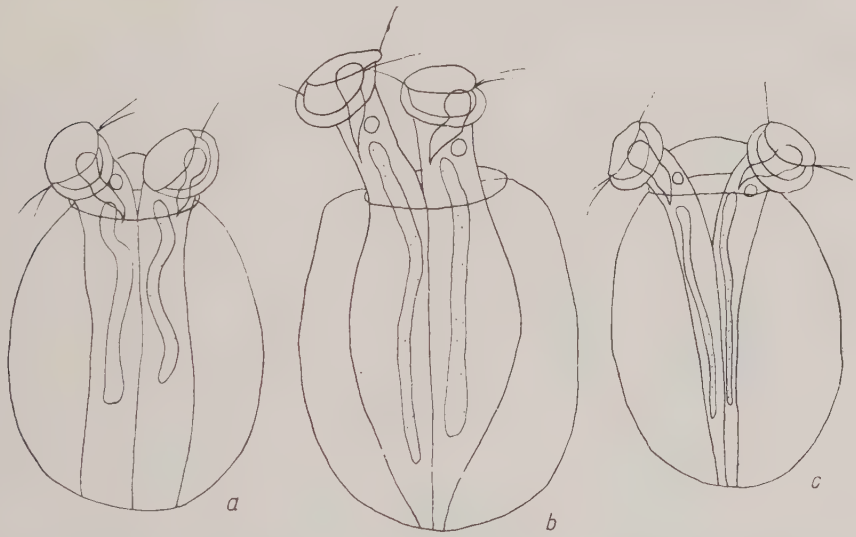


Abb. 9. Varianten in der Ausbildung der Körperform von *P. truncata*. Vergr. 170 : 1.

Merkmal	Extremwerte	Mittelwerte	Anzahl der Messungen
Gehäuselänge	65 —145	96	500
Gehäusebreite	44 —110	75	500
Tiergröße	79 —168	142	50
Tierbreite (ungefähr Tiermitte)	12 — 26	19	30
Peristombreite	21 — 35	30	30
Mikronukleuslänge	1,6— 10,2	3,5	50
Mikronukleusbreite	1,0— 4,0	1,3	50

ε) Modifikationen

a) Erhöhte Tierzahl

Der Zustand, daß sich mehr als zwei Tiere im Gehäuse befinden, kann über verschiedene Teilungsschritte erhalten bleiben. Teilt sich eines von den beiden Tieren oder alle beide, ohne daß Schwärmer entstehen, dann können 3 oder 4, ja 5 Individuen pro Gehäuse gefunden werden. Überzählige Tiere in Gehäusen, die normalerweise 2 Individuen beherbergen, beschreiben auch Voigt (1902) und Matthes (1958) bei *Cothurnia longipes* bzw. bei *Cyclodonta bipartita*.

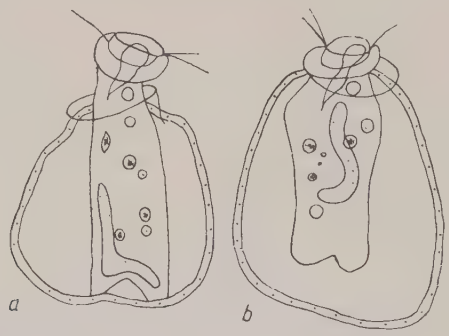


Abb. 10. Variationen von Gehäusen und Tierformen von *P. truncata*. Vergr. 300 : 1.

b) Abnorme Tierform

In Abb. 10a ist ein Tier mit doppelter Anheftungsstelle abgebildet. Der Makronukleus hat eine abnorme Lage und Form. Auch das Gehäuse ist stark unregelmäßig ausgebildet. Nach einigen Tagen Nahrungserwerb bildete sich ein Schwärmer aus, der dicht daneben ein etwas regelmäßigeres Gehäuse baute (s. Abb. 10b). Das Individuum heftete sich nicht am hinteren Gehäuserand fest. Bei der Teilung blieb der „Spaltfuß" nur bei einem Tier erhalten.

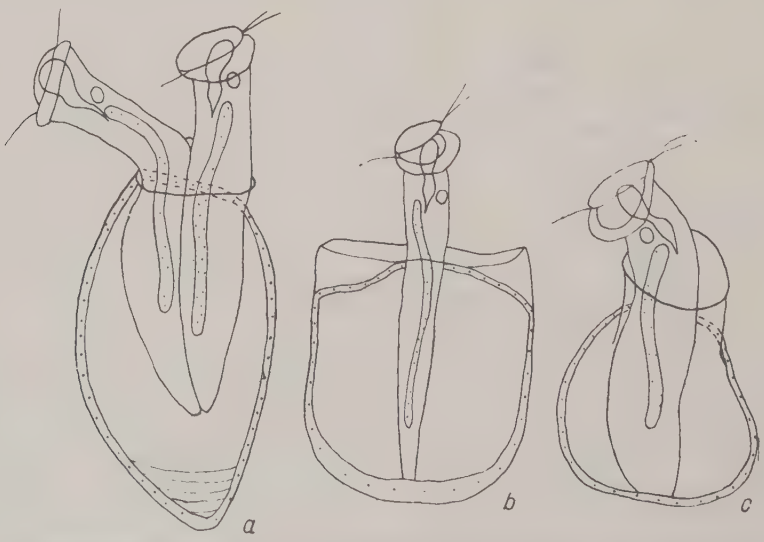


Abb. 11. Gehäusemodifikationen von *P. truncata* in bezug auf Form und Halsausbildung. Vergr. 170 : 1.

c) Abnorme Gehäuseform

Abb. 11a zeigt eine zipflige Verlängerung, Abb. 11b ein Gehäuse ohne jede Andeutung eines Halses, Abb. 11c einen übermäßig entwickelten Hals bei einem asymmetrischen Gehäuse.

Daneben konnte bei Tieren, die sehr lange im Aquarium gelebt hatten, eine verringerte Beweglichkeit des Schwärmers beobachtet werden. Es traten sogar Fälle auf, bei denen der Schwärmer das Gehäuse nicht mehr verließ und sein neues zur Hälfte in das alte hineinbaute, wie es Abb. 12 zeigt. Das Schwestertier geht darauf zugrunde.

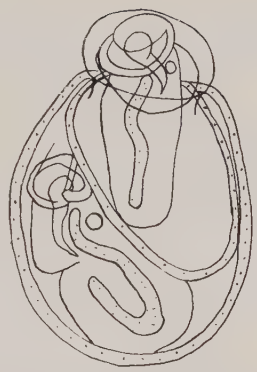


Abb. 12. Ineinandergebaute Gehäuse von *P. truncata* auf Grund verminderter Beweglichkeit des Schwärmers. Vergr. 300 : 1.

Die genauen Untersuchungen eines umfangreichen Materials des loricaten Peritrichen *P. truncata* zeigen also eine große Variabilität vieler Merkmale, die für die Bestimmung herangezogen wurden.

3. Zusammenfassende Bemerkungen zu den Bestimmungsmerkmalen

Im folgenden sei eine kurze Zusammenstellung von Bewertungen systematischer Merkmale der peritrichen Ciliaten bei den verschiedenen Autoren angeführt.

Noland und Finley (1931): Größe gibt nur Anhaltspunkte; Peristombreite abhängig vom Medium und Kontraktions- bzw. Dilatationszustand, ebenso die Endgröße der pulsierenden Vakuole. Pulsationsfrequenz wird als charakteristisch angesehen. Makronukleus bei den Gruppen ähnlich gebaut und in ähnlicher Lage. Stiellänge variierend, -breite brauchbar.

Nenninger (1948): Unsichere Merkmale = Größe und Gestalt, Form des Diskus, Querteilung des Peristomwulstes, Streifung der Pellicula, Lage der kontraktilen Vakuole; Länge, Streifung, Ringelung oder Sockelbildung des Stiels, ebenso Hüllenbildung. Als sichere Merkmale werden bezeichnet: Länge der Cilien, Art der Wimperzone, Form des Vestibulums, Zahl der kontraktilen Vakuolen und Gestalt des Großkerns.

Sommer (1950): Sichere Merkmale = Lage der kontraktilen Vakuole, Pulsationsfrequenz, auch Kernform und Kernlage. Besonders unzuverlässig sei die Streifung der Pellicula.

Lust (1951): Wesentliche Merkmale bei der Bestimmung = Körperform und -größe, Diskusform, Bewimperung, Pulsationsfrequenz der kontraktilen Vakuole, Peristom, Vestibulum, Kernform und Kernlage. Kontraktionsweise, Kolonie- und Stielausbildung. Lage der kontraktilen Vakuole ist variabel, ebenso die Beschaffenheit des Plasmas und seiner Inhaltskörper.

Bei den loricaten Peritrichen kommt die Bewertung von Gehäusemerkmalen hinzu. Fauré-Fremiet betont in seiner Folliculinen-Bearbeitung (1936), daß es leicht erscheint, eine *Folliculina* nach ihrem Gehäuse zu beschreiben, aber man riskiert dabei, wenn man sich auf unsichere Merkmale stützt, Benennungen zu multiplizieren und neue Synonyme zu schaffen. Schon Stein (1854) weist ausdrücklich auf Gehäusevariationen hin und warnt vor der Aufstellung von Arten. Auch Kahl (1935) vermutet, daß einige Arten nur Modifikationen sind.

Aus den eigenen Untersuchungen an der gehäusebauenden *Platycola truncata* ergab sich, daß folgende Merkmale nur Anhaltspunkte liefern, wenn ihre Schwankungsbreite an genügend großem Material erfaßt wurde: Gehäusegröße und -form, Verhältnis von Gehäuselänge zu -breite, Gehäusestreifung und -farbe, Dicke des Haftsaums, Halsausbildung, Art der unterschiedlichen Tinktion, Verhältnis des im Gehäuse bleibenden Tierteils zu dem frei herausragenden, Wulstbildung, Lage und Größe der kontraktilen Vakuole und Tierzahl pro Gehäuse. Aus den oben genannten Gründen erscheinen folgende Arten der Gattung *Platycola* fraglich:

P. decumbens, *P. striata*, *P. dilatata*, *P. tincta*, *P. regularis*, *P. longicollis*, *P. reflexa*, *P. amphora* und *P. amphoroides*.

Zusammenfassung

Bei der systematischen Zuordnung der peritrichen Ciliaten treten besondere Schwierigkeiten auf. Eine Artbeschreibung ist nur mit Hilfe einer genauen Beobachtung eines um-

fangreichen Materials möglich, mit dem die Variabilität der Merkmale erfaßt werden kann, wenn man in der Systematik künftig Unklarheiten und Synonyme vermeiden will. Übergangsformen sind besonders zu beachten. Viele Merkmale können nur Anhaltspunkte geben. Als artkonstante Merkmale können vorläufig allein der Bau des Peristoms, Kernzyklen sowie biologische Daten des Schwärmers gelten. Solange die Systematik so unsicher erscheint, sind die aus ihr gefolgerten Rückschlüsse hinsichtlich der Spezialisierung und der Ableitung der Peritrichenarten untereinander, wie sie Nenninger (1948) durchführt, als verfrüht anzusehen. Die neue systematische Aufteilung der Peritrichen von Sommer (1950), die hauptsächlich auf Grund von Stielmerkmalen vorgenommen wurde, erscheint ebenfalls gewagt, denn gerade in der Stielausbildung variieren die Individuen stark; es ist fraglich, ob die Stielvariationen und ihre jeweilige Abgrenzung in diesem System berücksichtigt wurden.

Daneben ist die Erfassung der ökologischen Valenz wichtig, um die Arten mit größerer Sicherheit in die verschiedenen Saprobiestufen einzuordnen und damit die Beurteilungsgrundlage der Wasserqualität nach den Saprobiern zu erweitern. Voraussetzung dazu ist allerdings die morphologische Abgrenzung der Arten.

Literatur

Biegel, M., 1954: Beitrag zur Peritrichenfauna der Umgebung von Erlangen. Inaugural-Diss., gekürzt in: Arch. Protistenk. **100**, 142—183.

Ehrenberg, C. G., 1838: Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Leipzig.

Fauré-Fremiet, E., 1936: La famille des Folliculinidae (Infusoria Heterotricha). Mem. Mus. Hist. nat. Belg. 2. Serie **3**, 1129—1175.

Gajewskaja, N., 1933: Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Infusorien des Baikalsees. Zoologica H. **83**.

Hammann, I., 1952: Ökologische und biologische Untersuchungen an Süßwasser-Peritrichen. Arch. Hydrobiol. **47**, 177—228.

Kahl, A., 1935: Ciliata. In Dahl, F.: Die Tierwelt Deutschlands **1**, Jena.

Kralik, U., 1958: Untersuchungen über den Bewuchs von peritrichen Ciliaten in einigen Fließgewässern bei Leipzig. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ., math.-nat. Reihe **7**, 309—328.

— 1960: Ein Beitrag zur Biologie von loricaten peritrichen Ziliaten, insbesondere von *Platycola truncata* Fromentel 1874. Arch. Protistenk. **105**, 201—258.

Liebmann, H., 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie **1**. München.

Lust, S., 1951: Symphoriontе Peritrichen auf Käfern und Wanzen. Zool. Jahrb., Syst. **79**, 353—436.

Madeyski, S. de, 1936: Ricerche sulla biologia e sui fenomeni reproduttivi di *Vorticella nebulifera* Ehrenberg. Atti. Ist. Venetto Sci. **95**, 765—853. Venezia.

Nenninger, U., 1948: Die Peritrichen der Umgebung von Erlangen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtsspezifität. Zool. Jahrb., Syst. **77**, 169—266.

Noland, L. E., 1925: Factors influencing the distribution of fresh water ciliates. Ecology **6**.

— and Finley, H. S., 1931: Studies on the Taxonomy of the Genus Vorticella. Trans. Amer. micr. Soc. **50**, 81—123.

Penard, E., 1922: Etudes sur les infusoires d'eau douce. Genève.

Sommer, G., 1950: Die peritrichen Ciliaten des großen Plöner Sees. Arch. Hydrobiol. **44**, 349—440.

Stein, F., 1854: Die Infusionsthiere auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig.

Dr. Ute Kralik
Berlin N 4
Hessische Straße 3—4,
Physiologisches Institut der
Humboldt-Universität

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	75—83

Konrad Mädler

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig,

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN PHOSPHORGEHALT IN BÄCHEN

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung, Charakteristik der untersuchten Bäche 75
2. Höhe der Phosphorkonzentration in den Bächen 76
3. Phosphor-Rückhaltung in den Bächen 78
4. Schwankungen des Phosphorgehaltes im Tagesablauf. Synthetische Waschmittel als Phosphorquelle 78
5. Höhe der Phosphorabgabe der Ortschaften pro Kopf und Tag 81
6. Bedeutung der Dorfabwässer und der Bodenabschwemmung für die Phosphorzufuhr zur Saidenbachtalsperre 81
7. Zusammenfassung 82
8. Literatur 82

1. Aufgabenstellung, Charakteristik der untersuchten Bäche

In natürlichen, das heißt von Menschen weitgehend unbeeinflußten Gewässern der gemäßigten Zone ist in der Regel der Gehalt an Phosphor sehr gering. Als Minimumfaktor begrenzt er die pflanzliche und tierische Produktion (Juday, Birge, Kemmerer und Robinson 1928, Juday und Birge 1931). Ohle (1953a, b) zeigte, daß die seit etwa 30 Jahren an den ostholsteinischen Seen zu beobachtende „rasante Seenalterung" durch eine verstärkte Phosphorzufuhr bedingt ist. Thomas (1953, 1954) stellte für die starke Eutrophierung verschiedener Schweizer Seen die gleiche Ursache fest.

Von Wetzel (1956, 1958) wurde wiederholt darauf hingewiesen, daß für Talsperren ganz ähnliche Verhältnisse zutreffen. Er betont, daß besonders für Trinkwassertalsperren die Erhaltung des oligotrophen Zustandes sehr wichtig ist, da Eutrophierung zu Algenmassenentwicklungen und damit zu Aufbereitungsschwierigkeiten und Geschmacksbeeinträchtigungen des Wassers führt. Untersuchungen an zwei Talsperren im Erzgebirge, die zur Trinkwasserversorgung von Karl-Marx-Stadt dienen, bestätigten die wesentliche Rolle des Phosphors. Beuschold (1957) beschrieb für die bereits schwach eutrophe Saidenbachtalsperre, daß Phosphor Minimumfaktor ist. Hedlich (1959) wies experimentell das gleiche für die untere Neunzehnhainer Talsperre nach.

Zur Beantwortung der Frage nach Herkunft und Menge des Phosphors, der beiden genannten Talsperren zugeführt wird, wurden einige orientierende Untersuchungen über den Phosphorgehalt der Bäche im Einzugsgebiet dieser Talsperren durchgeführt.

Einzugsgebiet der Talsperren Neunzehnhain:

Dieses Gebiet wurde von Hedlich (1959) ausführlich beschrieben. In der vorliegenden Arbeit wurden Pfützenbach und Dreibach untersucht, reine Waldbäche ohne Beeinflussung durch Ortschaften oder landwirtschaftlich genutzte Flächen; katharob bis oligosaprob.

Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre:

Eine ausführliche Beschreibung des Einzugsgebietes erfolgte durch Klapper (1957) und Beuschold (1957). Untersucht wurden Lippersdorfer Bach, Saidenbach, Haselbach und

Dorfbach Forchheim, durch Felder, Wiesen und Dörfer fließende Bäche, die vor allem durch Küchenspülwässer beeinflußt werden und β- bis α-mesosaprobe Verhältnisse zeigen; sowie der Gruthenbach, ein durch Ortschaften unbeeinflußter Bach, der durch Felder und Wiesen fließt und unmittelbar oberhalb der Talsperre in den Saidenbach einmündet.

Ergänzend wurden einige Bäche im Mittelsächsischen Bergland untersucht, die sich von den Talsperrenzuleitern im Erzgebirge nicht wesentlich unterscheiden:

Johannisbach: Entspringt im Gebiet Burgstädt-Mühlau und mündet nach einer Fließstrecke von etwa 7 km in die Zwickauer Mulde ein; im untersuchten Bereich reiner Feld-Wiesen-Bach, oligo- bis schwach β-mesosaprob, mittlere Abflußmenge etwa 50 l/sec.

Waldbach Mühlauer Forst: Reiner Waldbach, katharob bis oligosaprob, mittlerer Abfluß weniger als 5 l/sec, mündet in den Johannisbach ein.

Mühlauer Bach: Nimmt Abwässer, vor allem Küchenspülwässer, von Mühlau (3400 Einwohner) auf, zeigt unterhalb des Ortes poly- bis α-mesosaproben Charakter, mündet nach einer Selbstreinigungsstrecke von 2,5 km in den Johannisbach ein. Mittlerer Abfluß etwa 50 l/sec.

Dorfbach Chursdorf: Kleiner Bach mit einem mittleren Abfluß von weniger als 5 l/sec, stark belastet durch Abwässer von Chursdorf (900 Einwohner), mündet am Dorfende als polysaprobes Gewässer in den Johannisbach.

Die Phosphorbestimmung erfolgte nach den Angaben von Ohle (1938) mit Hilfe eines Pulfrich-Photometers mit 10-cm-Mikroabsorptionsrohren.

2. Höhe der Phosphorkonzentration in den untersuchten Bächen

Ein Vergleich aller durchgeführten Untersuchungen ergab, daß in den Waldbächen (Einzugsgebiet der Talsperren Neunzehnhain, Bach im Mühlauer Forst) die Phosphorkonzentration sehr niedrig lag. Sie betrug für Phosphat-Phosphor weniger als 5 γ/l (2 Ausnahmen mit 7 und 16 γ/l), für Gesamtphosphor meist weniger als 20 γ/l.

In den durch Ortschaften unbeeinflußten „Feld-Wiesen-Bächen", die in starkem Maße durch Sicker- und Drainagewässer gespeist werden, lagen die Phosphorwerte etwas höher. Bei Niedrig- und Normalwasserabfluß enthielten die Bäche 5 bis 15 γ $P(PO_4)$/l und 20 bis 75 γ Ges.-P/l. Diese Werte stimmen gut mit den von Ohle (1953a) für Sicker- und Drainagewässer schwach gedüngter Böden angegebenen überein (30 bis 60 γ Ges.-P/l), erreichen aber bei weitem nicht die Werte für Sickerwässer stark gedüngter Böden (bis 350 γ/l).

In den durch Ortschaften fließenden Bächen erreichen die Phosphorkonzentrationen schließlich in Abhängigkeit von der Wasserführung der Bäche, der Größe der Dörfer und einigen weiteren Faktoren Maximalwerte von mehr als 1 mg $P(PO_4)$/l und 2 mg Ges.-P/l (Tabelle 1, Werte vom 30. 10. 1959; Tabelle 4; Abb. 1).

Nach der Klassifikation schweizerischer Fließgewässer auf Grund ihres Nährstoffgehaltes von Thomas (1955) entsprechen die Waldbäche der Klasse 1 ($<$ 0.02 mg PO_4/l), die Feld-Wiesen-Bäche der Klasse 2 (0.02 bis 0,1 mg PO_4/l) und die Dorfbäche der Klasse 3 ($>$ 0,1 mg PO_4/l).

Die Einschwemmung von Bodenteilchen kann einen wesentlichen Faktor für die Seen-Eutrophierung darstellen (Abbott 1957, Ohle 1953a, Hedlich 1959). Für das Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre zeigt der Vergleich einer Untersuchung bei Niedrigwasserabfluß mit einer Untersuchung bei etwas erhöhtem Abfluß während der Schneeschmelze den starken Anstieg der Gesamtphosphormenge, bedingt durch eingeschwemmte Bodenteilchen (Tabelle 1).

In dem durch Bodenteilchen stark getrübten Schneeschmelzwasser beträgt die Konzentration an Phosphat-Phosphor das 1,4fache, an Gesamtphosphor das 4,5fache gegenüber dem Niedrigwasserabfluß. Vergleicht man nicht die Konzentrationen, sondern die absoluten Phosphormengen, die pro Zeiteinheit abgeführt werden, so erhält man sogar die Verhältnisse 1 : 7,1 für $P(PO_4)$ und 1 : 19 für Gesamtphosphor. Die große Menge Phosphor, die bei stärkerer Wasserführung mit den Bodenteilchen in die Talsperre und ihre Vorbecken

Tabelle 1. Vergleich zwischen dem Phosphorgehalt bei Niedrigwasserabfluß (30. 10. 1959) und bei Abfluß des Schneeschmelzwassers (23. 3. 1960) im Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre

	30. 10. 1959					23. 3. 1960					mgP/sec 30. 10. / mgP/sec 23. 3.	
	Abfluß l/sec	mg/l P(PO_4)	GesP	mg/sec P(PO_4)	GesP	Abfluß l/sec	mg/l P(PO_4)	GesP	mg/sec P(PO_4)	GesP	P(PO_4)	GesP
Lippersdorfer Bach unterhalb Lippersdorf	40	0,214	0,38	8,56	15,2	120	0,240	0,950	28,8	114	1: 3,4	1: 7,5
Saidenbach unterhalb Niedersaida	150	0,022	0,175	3,30	26,25	400	0,031	0,575	12,4	230	1: 3,8	1: 8,8
Saidenbach oberhalb Talsperre	175	0,013	0,055	2,275	9,63	500	0,033	0,670	16,5	335	1: 7,2	1: 34,8
Gruthenbach oberhalb Talsperre	5	0,005	0,02	0,025	0,1	25	0,031	0,460	0,8	11,5	1: 32	1: 115
Haselbach oberhalb Forchheim	150	0,040	0,05	6,0	7,5	1000	0,085	0,420	85,0	420	1: 14	1: 56
zusammen	520			20,16	58,68	2045			143,5	1110,5		
Mittel		0,059	0,136	4,03	11,7		0,084	0,615	28,7	222,1	1: 7,1	1: 19

eingeschwemmt wird, dürfte für die Nährstoffversorgung der Talsperre eine nicht zu unterschätzende Bedeutung haben (vgl. S. 82).

3. Phosphorrückhaltung in Bächen

Bei Untersuchungen an Fließstrecken unterhalb von Ortschaften konnte festgestellt werden, daß neben den bekannten Selbstreinigungsvorgängen meist auch eine Abnahme der Phosphorkonzentration im Wasser bei praktisch gleichbleibender Wasserführung erfolgte: Tabelle 2.

Die einzige Ausnahme stellt dabei die Untersuchung des Saidenbaches unterhalb Niedersaida am 23. 3. 1960 dar, bei der es sich um den oben beschriebenen Starkabfluß von Schneeschmelzwässern handelt. Da in diesem Falle unterhalb des Dorfes weiterhin Schmelzwässer mit Bodenteilchen in den Bach gelangen, nimmt die Phosphorkonzentration noch etwas zu.

Tabelle 2. P-Rückhaltung in Bachläufen

	γ/l $P(PO_4)$	%	γ/l Ges.-P	%	γ/l $P(PO_4)$	%	γ/l Ges.-P	%
Mühlauer Bach		12. 9. 1959				16. 3. 1960		
Ortsausgang Mühlau	270	100			192	100	420	100
1,5 km unterhalb	225	84			105	55	235	56
2,5 km unterhalb.....	170	63			87	45	225	54
Saidenbach		30. 10. 1959				23. 3. 1960		
unterhalb Niedersaida.....	22	100	175	100	31	100	575	100
2,5 km unterhalb	13	56	55	31	33	107	670	116
Lippersdorfer Bach		30. 10. 1959						
Ortsausgang	214	100	380	100				
1,2 km unterhalb	135	63	255	67				
Haselbach		30. 10. 1959						
unterhalb Haselbach.....	70	100	215	100				
3 km unterhalb	40	56	50	23				

Bei allen Untersuchungen (mit Ausnahme der vom 23. 3. 1960) war auf einer Fließstrecke von 1,2 bis 3 km ein Rückgang des Phosphorgehaltes auf durchschnittlich 50 bis 60 % der ursprünglichen Menge zu verzeichnen. Setzt man die einzelnen Werte der Tabelle 2 dabei in Beziehung zum täglichen Abfluß und zu der durchflossenen Bachstrecke, so ergeben sich für Phosphat-Phosphor eine tägliche Zurückhaltung von 15 bis 100 mg/m² Bachfläche, für Gesamtphosphor eine von 150 bis 350 mg/m².

Diese Werte sollen nur die Größenordnung der Rückhaltung angeben, für speziellere Angaben reicht die Zahl der durchgeführten Untersuchungen und die Genauigkeit der Bestimmung von Abflußmenge und Bachfläche nicht aus.

Auf welche Mechanismen die Phosphorrückhaltung oder -eliminierung zurückzuführen ist, konnte bei den vorliegenden Untersuchungen noch nicht geklärt werden. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß dabei neben der Sedimentation suspendierter Teilchen eine Bindung von Phosphor an im Sediment vorhandenes Eisenhydroxyd oder an Eisen-Humus-Komplexe erfolgt, daß sich also Vorgänge abspielen, wie sie vom Bodenschlamm der Seen her bekannt sind (EINSELE 1938, MORTIMER 1949, OHLE 1953b). Ein Teil des Phosphors wird wahrscheinlich auch von Organismen (Diatomeen- und *Chantransia*-Aufwuchs auf Steinen, *Batrachospermum*-, *Fontinalis*- und *Callitriche*-Beständen; Insektenlarven und Anneliden im Sediment) aufgenommen.

4. Schwankungen des Phosphorgehaltes im Tagesablauf. Synthetische Waschmittel als Phosphorquelle

SCHMASSMANN (1951) fand bei der Untersuchung verunreinigter Bäche, daß der Phosphatgehalt des Wassers innerhalb eines Tages nur sehr geringen Schwankungen unter-

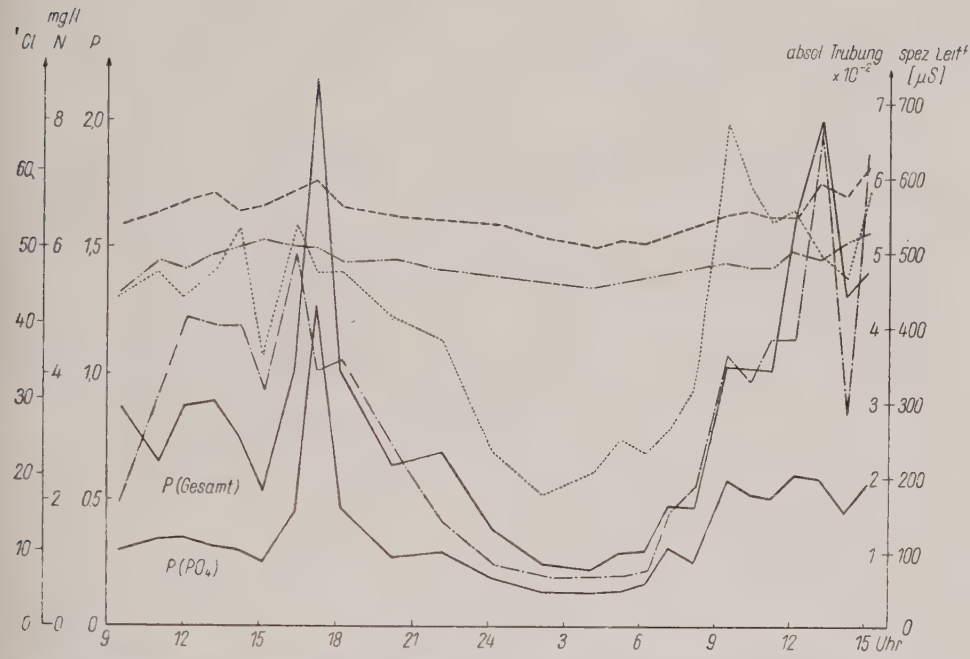


Abb. 1. Dorfbach Chursdorf am 11. und 12. 3. 1960: Konzentrationsveränderungen einiger Komponenten im Tagesablauf.

——————— Phosphor
..... Stickstoff (Gesamt-N)
— · · — · · — Chlorid
— · — · — · — absolute Trübung
— — — — — spezifische Leitfähigkeit

worfen ist. Bei den vorliegenden Untersuchungen konnte eine starke Beeinflussung der Bäche durch die Ortschaften festgestellt werden; daher lag der Gedanke nahe, daß innerhalb von 24 Stunden auch Schwankungen im Phosphorgehalt auftreten würden. Eine Untersuchung, die am Dorfbach Chursdorf durchgeführt wurde, bestätigte diese Vermutung.

Dieses Bächlein mit einer Wasserführung von meist weniger als 5 l/sec nimmt die Wasch- und Küchenabwässer der etwa 900 Einwohner von Chursdorf auf und zeigt demzufolge in der Regel hohen Gehalt an organischen Stoffen (Permanganatverbrauch 130 mg/l), hohen N- und P-Gehalt und eine polysaprobe bis α-mesosaprobe Lebensgemeinschaft. In der Zeit vom 11. 3. 1960, 9.30 Uhr bis 12. 3. 1960, 15.05 Uhr wurden an diesem Bach insgesamt 25 Proben entnommen, von 18 bis 4 Uhr in zweistündigem, während der übrigen Zeit in einstündigem Abstand. In Abb. 1 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt.

Die entnommenen Wasserproben wurden nach zweistündigem Absetzen dekantiert und mit Formaldehyd p. a. (2 ml 33 %ige Lösung auf 200 ml Probe) konserviert. In einigen Versuchsreihen war vorher festgestellt worden, daß diese Art der Konservierung sowohl den Phosphat- als auch den Gesamtphosphorgehalt der Proben nicht verändert und über Wochen konstant hält. Die Abflußmengen während der Untersuchungszeit wurden mit Hilfe eines Dreieck-Meßwehres bestimmt; sie waren nahezu konstant und betrugen 4 l/sec ± 0,25 l/sec.

Als auffälligster Befund kann wohl die Tatsache gewertet werden, daß von allen untersuchten Faktoren (Gesamt- und Phosphatphosphor, Gesamtstickstoff, Chlorid, absolute Trübung, spezifische Leitfähigkeit) die Phosphorwerte die weitaus größten Schwankungen im Tageablauf zeigen. Niedrigste und höchste Konzentration verhalten sich beim Phos-

phat- wie auch beim Gesamtphosphor wie 1 : 10, während diese Verhältnisse beim Gesamtstickstoff etwa 1 : 4 und bei Chlorid und spezifischer Leitfähigkeit nur 1 : 1,28 bzw. 1 : 1,23 sind. Lediglich der Verlauf der Trübungskurve des Wassers zeigt weitgehende Annäherung an den Verlauf der Phosphorkurven.

Dieser nahezu gleiche Verlauf von absoluter Trübung und Phosphorgehalt und die geringen Schwankungen der Chloridwerte lassen den Schluß zu, daß die starken Schwankungen im Phosphorgehalt nicht durch Einschwemmung von Fäkalabwässern, Jauche oder dergleichen bedingt sind, sondern vorwiegend durch Küchenabwässer, Spül-Scheuer- und Badewässer. (Die Untersuchungstage waren ein Freitag und ein Sonnabend.)

Dabei lag die Vermutung nahe, daß die Quelle für die hohen Phosphorgehalte (Freitag 17 Uhr, Sonnabend ab 12 Uhr) detergenzienhaltige Waschmittel sind.

Auf die verstärkte Phosphorzufuhr zu den Gewässern durch detergenzienhaltige Abwässer wurde in den letzten Jahren verschiedentlich hingewiesen (SAWYER 1952, THOMAS 1955, MOSS 1957, HARKNESS und JENKINS 1958)[1]. ENGELBRECHT und MORGAN (1959) geben für die Vereinigten Staaten für 1955 einen Verbrauch von 16 lb/cap an synthetischen Detergenzien, die einen Phosphoranfall von $12 \cdot 10^{-3}$ lb/day/cap P_2O_5 = 2,38 g P/Kopf und Tag ergeben.

Um die Frage zu klären, ob die gefundenen hohen P-Gehalte auf Detergenzien zurückführbar sind, wurden einige Wasch- und Spülmittel auf ihren Gehalt an Phosphat- und Gesamtphosphor untersucht: Tabelle 3.

Tabelle 3. Gehalt einiger Wasch- und Spülmittel an Phosphor

	1 g Waschmittel enthält mg P (PO_4)	mg Ges.-P
Fit (Spülmittel)	17,4	29,5
Imi (Spülmittel)	23,2	25,2
Filan (Feinwaschmittel)	34,0	59,6
Fewa (Feinwaschmittel)	11,6	23,3
Wok (Schnellwaschmittel)	15,8	83,9
Fay (Waschpulver)	17,6	73,5
Duplex (Waschpulver)	2,0	25,2
Gentina (Waschpulver)	0,8	3,6
Solvan (Waschpulver)	0,9	36,4
Milwok (Waschpulver)	3,4	46,8
Persil (Waschpulver)	2,0	23,6
Riwa (Waschpulver)	2,2	5,0
Mittelwert	10,9	36,3

Die zur Untersuchung benutzten Waschmittel-Lösungen zeigten mit zunehmendem Alter eine zum Teil erhebliche Erhöhung des Phosphat-Phosphorgehaltes; weiterhin ergaben sich Unterschiede beim Vergleich der P-Gehalte gleicher Waschmittel aus verschiedenen Packungen.

Neben den in Tabelle 3 angegebenen Substanzen wurden noch zwei Scheuermittel, zwei Einweichmittel, ein flüssiges Spülmittel, ein flüssiges Waschmittel und zwei Waschpasten untersucht; die Phosphorgehalte waren gegenüber den oben angegebenen so gering, daß sie vernachlässigt werden können.

Legt man einen Durchschnittsverbrauch von etwa 250 g Wasch- und Spülmittel pro Kopf und Monat (Mittelwert einer Umfrage) zugrunde, so entspräche das bei einem durchschnittlichen Phosphorgehalt von 3,6 % einem Anfall von 0,3 g P/Kopf und Tag in den Waschwässern. Für 900 Einwohner und 4 l/sec Abfluß, wie es den oben geschilderten Verhältnissen im Dorfbach Chursdorf entspräche, ergäbe das eine Konzentration von durchschnittlich 0,78 mg Ges.-P/l. Die Konzentration im Dorfbach Chursdorf betrug für die untersuchten 30 Stunden im Mittel 0,83 mg Ges.-P/l. Wenn auch diese grobe Über-

[1]) Die ausführliche Arbeit von H.-E. KLOTTER und R. NEUSSEL: Orthophosphate und Polyphosphate im Abwasser und Oberflächenwasser. Vom Wasser XXVI (1959), 110–145, erschien erst nach Drucklegung.

schlagsberechnung mit Unsicherheiten behaftet ist, so zeigt sie doch, daß die hohen Phosphorgehalte der untersuchten Dorfbäche zu einem großen Teil auf detergenzienhaltige Waschmittel zurückzuführen sein dürften.

5. Höhe der Phosphorabgabe der Ortschaften pro Tag und Kopf

Für vier der untersuchten Dorfbäche besteht die einzige wesentliche Phosphorzufuhr in den Abwässern der betreffenden Dörfer. Aus der Untersuchung der Bäche unterhalb dieser Dörfer läßt sich überschlagsmäßig die Größenordnung der durchschnittlichen Phosphorabgabe pro Einwohner ermitteln. Tabelle 4 zeigt die erhaltenen Werte. Da aus Abb. 1 hervorgeht, daß die Phosphorkonzentrationen während der Nachtstunden wesentlich niedriger sind als während der üblichen Probeentnahmezeiten am Tage, wurden für die folgenden Durchschnittsberechnungen die gefundenen Konzentrationswerte pauschal auf zwei Drittel verkleinert.

Tabelle 4. Berechnung der Phosphorabgabe der einzelnen Ortschaften

	Abfluß l/sec	Ges.-P γ/l	× 2/3	Ges.-P mg/sec	Ges.-P g/Tag	Ges.-P mg/Kopf + Tag
Chursdorf						
900 Einwohner	4	828[1])		3,3	285	317
	4	1450	970	3,9	337	374
Mühlau						
3400 Einwohner	50	420	280	14,0	1210	356
Lippersdorf						
1000 Einwohner	40	380	250	10,0	864	864
Forchheim						
1200 Einwohner	12	630	420	5,0	432	360
					Mittelwert:	454

[1]) Durchschnittswert vom 11./12. 3.

Der erhaltene Durchschnittswert von 454 mg P-Abgabe/Kopf und Tag beträgt 26 % der Menge von 4 g P_2O_5 = 1.75 g P/Kopf und Tag, die von Viehl und Meissner (1941) nach 10 verschiedenen Autoren für städtische Abwässer bei vollständiger Fäkalabschwemmung angegeben wird, und 20 % der Menge, die Imhoff (1953) nach Sierp angibt. Dieser Wert erklärt sich aus den speziellen Verhältnissen im untersuchten Gebiet: Bauerndörfer ohne größere Industriebetriebe, keine oder nur geringe Phosphorabgabe aus Fäkalien (Trockenaborte).

6. Bedeutung der Dorfabwässer und der Bodenabschwemmung für die Phosphorzufuhr zur Saidenbachtalsperre

Allgemein werden als Quellen für den erhöhten Phosphorgehalt der Gewässer angegeben: menschliche und tierische Auswurfstoffe, andere häusliche Abwässer, vor allem detergenzienhaltige Waschwässer, Drainagewässer und Erosionswässer.

Es wurde gezeigt, daß nach den vorliegenden Untersuchungen vor allem den häuslichen Wasch-, Spül- und Küchenabwässern und der Bodenerosion große Bedeutung zukommt. Für das Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre ergibt sich dabei folgendes:

Nimmt man den aus Tabelle 4 errechneten Durchschnittswert von 454 mg P-Abgabe/Kopf und Tag als gültig an, so würde das bedeuten, daß durch die etwa 10000 Bewohner des Einzugsgebietes der Talsperre oder ihren Vorbecken täglich 4.5 kg Phosphor, also jährlich 1640 kg P zugeführt werden.

Für die Phosphoreinschwemmung mit Bodenteilchen bei erhöhter Wasserführung ergibt sich aus Tabelle 1 ein Wert von 1110 mg P/sec = 95,8 kg P/Tag. Subtrahiert man hiervon die durchschnittliche Phosphorabgabe der Dörfer mit 4,5 kg P/Tag, ergibt sich eine Einschwemmung von 91,3 kg P/Tag durch Bodenteilchen bei Starkabfluß.

Wenn die angegebenen Werte Durchschnittswerte darstellen, würde diese Gegenüberstellung besagen, daß der Talsperre durch 18tägigen Starkabfluß mit suspendierten Bodenteilchen die gleiche Phosphormenge zugeführt wird wie durch die Abwässer der etwa 10000 Einwohner der Gemeinden im Einzugsgebiet während eines ganzen Jahres.

Die eingeschwemmten Bodenteilchen werden zu einem Teil in den Vorbecken der Talsperre sedimentiert. Die Anlage dieser Vorbecken, die zu einer Zeit erfolgte, als man vom Phosphorhaushalt der Gewässer noch fast nichts wußte, wirkt sich so äußerst günstig auf eine Nährstoffrückhaltung aus. Trotzdem darf die Wirkung der verbleibenden feinst suspendierten Bodenteilchen als Phosphorquelle für die Organismen nicht unterschätzt werden (Abbott 1957).

7. Zusammenfassung

Die Zahl der durchgeführten Untersuchungen ist relativ klein; die Bestimmung der Wasserführung erfolgte in den meisten Fällen nur als Grobmessung oder Schätzung. Deshalb lassen sich die angegebenen Zahlenwerte nur unter gewissen Vorbehalten verallgemeinern. Trotz dieser Unsicherheiten ergaben die vorliegenden Untersuchungen:

1. In Bächen erfolgt bei Normal- und Niedrigwasserführung eine Phosphorrückhaltung oder -eliminierung.
2. Im Tagesablauf treten in Dorfbächen sehr starke Schwankungen im Phosphorgehalt auf; im untersuchten Fall verhielten sich niedrigste und höchste Konzentration bei Gesamt- wie auch bei Phosphatphosphor wie 1 : 10.
3. Die hohen Phosphorkonzentrationen in Dorfbächen (maximal über 2 mg Ges.-P/l) sind zu einem erheblichen Teil auf detergenzienhaltige Wasch- und Küchenabwässer zurückzuführen.
4. In den untersuchten Dörfern erfolgte eine durchschnittliche Abgabe von 450 mg P/Kopf und Tag.
5. Für den Phosphorhaushalt in den untersuchten Gewässern spielt neben der Phosphorzufuhr durch dörfliche Abwässer die Phosphoreinschwemmung mit erodierten Bodenteilchen eine sehr wesentliche Rolle.

8. Literatur

Abbott, W., 1957: Unusual phosphorus source for plancton algae. Ecology **38**, 152.

Beuschold, E., 1957: Biologische Untersuchungen im Hauptbecken der Saidenbach-Talsperre. Diplomarb. Math.-nat. Fakultät Karl-Marx-Univ. Leipzig, 147 S.

Einsele, W., 1938: Über chemische und kolloidchemische Vorgänge in Eisen-Phosphat-Systemen unter limnochemischen und limnogeologischen Gesichtspunkten. Arch. Hydrobiol. **33**, 361—387.

Engelbrecht, R. S., and Morgan, J. J., 1959: Studies in the occurrence and degradation of condensed phosphate in surface waters. Sewage Ind. Wastes **31**, 458—478.

Harkness, N., and Jenkins, S. H., 1958: The phosphorus content of sewage during purification at various works of the Birmingham Tame and Rea district drainage board. Journal and Proc., Inst. of Sewage Purification, London **1**, 85—91.

Hedlich, R., 1959: Über den Einfluß von Kahlschlägen auf den Trophiegrad einer Trinkwassertalsperre. Diplomarbeit Math.-nat. Fakultät Karl-Marx-Univ. Leipzig, 112 S.

Imhoff, K., 1953: Taschenbuch der Stadtentwässerung. VEB Verlag Technik Berlin, 327 S.

Juday, Ch., Birge, E. A., Kemmerer, G. I., and Robinson, R. J., 1928: Phosphorus content of lake waters of Northeastern Wisconsin. Trans. Wisconsin Acad. Scin. **23**, 233.

Juday, Ch., and Birge, E. A., 1931: A second report on the phosphorus content of Wisconsin lake waters. Trans. Wisconsin Acad. Scin. **26**, 353.

Klapper, N., 1957: Biologische Untersuchungen an den Einläufen und Vorbecken der Saidenbach-Talsperre (Erzgeb.). Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-nat. Reihe **7**, 11—47.
Mortimer, D. H., 1949: Seasonal changes in chemical conditions near the mud surface in two lakes of the English Lake District. Verh. Int. Ver. Limnol. **10**, 353—356.
Moss, H. V., 1957: Continuing research related to detergents in water and sewage treatment. Sewage Ind. Wastes **29**, 1107—1113.
Ohle, W., 1938: Zur Vervollkommnung der hydrochemischen Analyse. III. Die Phosphorbestimmung. Angew. Chemie **51**, 906—911.
— 1953a: Der Vorgang rasanter Seenalterung in Holstein. Naturwiss. **40**, 153—162.
— 1953b: Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung. Vom Wasser **20**, 11—24.
Sawyer, C. N., 1952: Some new aspects of phosphates in relation to lake fertilisation. Sewage Ind. Wastes **24**, 768—776.
Schmassmann, H., 1951: Untersuchungen über den Stoffhaushalt fließender Gewässer. Schweiz. Zschr. Hydrol. **13**, 300—335.
Thomas, E. A., 1953: Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung: Empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimumstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenz. Gebiete. Monatsbull. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachl. **33**, 25—32, 71—79.
— 1954: Der Einfluß der Meliorierung der Linth-Ebene auf die Überdüngung des Zürich-Sees. Monatsbull. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachl. **34**, 264—270, 278—287.
— 1955: Phosphatgehalt der Gewässer und Gewässerschutz. Monatsbull. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachl. **35**, 224—231, 271—277.
Viehl, K., u. Meissner, B., 1941: Die Veränderung der Zusammensetzung des Leipziger Abwassers durch die Fäkalienabschwemmung. Ges.-Ing. **64**, 51—56.
Wetzel, A., 1956: Über Bedeutung und Aufgaben der Trink-, Brauch- und Abwasserbiologie. Einführungsvortrag zum trink-, brauch- und abwasserbiologischen Kurs am Zoologischen Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig.
— 1958: Bemerkungen über die Biologie von Trinkwassertalsperren. Desinfektion und Gesundheitswesen **50**, 97—101.

Dipl.-Biol. Konrad Mädler,
Zoologisches Institut der
Karl-Marx-Universität Leipzig,
Abt. für Trink-, Brauch- und
Abwasserbiologie,
Leipzig C 1,
Talstraße 33

Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 1 | 1961 | 84—90

Eberhard Schulze

Forschungsinstitut für Mikrobiologie und Hygiene, Bad Elster

ZUR GESCHMACKLICHEN BEEINFLUSSUNG VON FISCHEN DURCH PHENOLHALTIGE ABWÄSSER

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Vorliegende Untersuchungen 84
2. Versuchsanordnung 85
3. Ergebnisse 88
a) Phenol 88
b) Monochlorphenole 88
4. Diskussion der Ergebnisse 89
5. Literatur 89

1. Vorliegende Untersuchungen

Die Angaben, die man im Schrifttum über die geschmackliche Beeinflussung von Fischen durch phenolhaltige Abwässer findet, lassen alle eine Diskrepanz zwischen den in Laborversuchen gewonnenen Ergebnissen und den Beobachtungen unter „natürlichen" Bedingungen erkennen.

So gibt Ebeling (1940) an, daß reines Phenol in Konzentrationen von 25 mg/l keine geschmackliche Beeintrachtigung der Fische hervorruft; bei etwa 10 mg Kresol/l schien ein geringer Beigeschmack bei Aalen aufzutreten. Bandt (1958) veröffentlichte entsprechende Angaben. Er fand, um nur einige Werte zu nennen, die Grenze der geschmacklichen Beeinflussung bei Resorcin und Pyrogallol bei 20 bis 30 mg/l (Plötze, Karpfen), bei Brenzkatechin etwa bei 2,5 mg/l (Karpfen), bei Xylenolen etwa bei 1 bzw. 5 mg/l (Plötze, Karpfen). Dagegen berichtete schon Ebeling, daß im Rhein Geschmacksbeeinträchtigungen der Fische bei Phenolgehalten von über 0,02 bis 0,03 mg/l eintraten, und Knop (1955) gibt als Grenze im Rhein 0,02 bis 0,1 mg/l an. Diese unterschiedlichen Werte sind verschieden gedeutet worden. So hielt Ebeling die Begleitstoffe des Phenols (höher siedende Stoffe des Rohcarbolöls) als ausschlaggebend für die geschmacksbeeinträchtigende Wirkung, und Bandt vermutete eine Additionswirkung der einzelnen geschmacksverschlechternden Inhaltsstoffe; denn bekanntlich sind die Phenolabwässer ein sehr buntes Gemisch verschiedenster Stoffe. Eine Addition der Einzelgiftwirkungen wurde von Bucksteeg, Thiele und Stölzel (1955) für Gemische einwertiger Phenole nachgewiesen.

Albersmeyer und v. Erichsen (1959) haben neuerdings Versuche über die geschmacksbeeinträchtigende Wirkung der aromatischen neutralen Begleitstoffe der Phenole veröffentlicht. Sie prüften das phenolfrei gemachte, satzfreie und destillierte Carbol- und Leichtöl sowie Naphthalin und α-Methylnaphthalin. Die stärkste Wirkung übte eine zu 15 % gesättigte Carbollösung aus, in der Schleien bereits nach 15 min Verweilzeit einen definierbaren Geschmack angenommen haben, während bei Leichtöl hierzu $2^1/_4$ h nötig sind. Eine zu 15 % gesättigte Lösung von Naphthalin (3,4 mg/l) wirkt im selben Maße erst nach 18 h Einwirkungszeit, eine solche von α-Methylnaphthalin (2,6 mg/l) nach 20 h.

Danach scheint es zunächst, daß diese Stoffe die hauptsächlichste geschmackliche Beeinflussung der Fische bewirken. Doch es ist noch ein anderer Gesichtspunkt zu beachten. Bekanntlich besitzen einwertige Monochlorphenole einen überaus intensiven Mißgeschmack und werden in reinem Wasser in äußerst starker Verdünnung noch deutlich geschmeckt. Meinck und Spaltenstein (1947) ermittelten, daß reines Phenol und o-Kresol bei pH 7,4 in Konzentrationen von 0,0005 mg/l in Gegenwart von freiem Chlor noch

durch Chlorphenolgeschmack wahrnehmbar sind, bei pH 4,0 genügen von o-Kresol gar nur 0,00002 mg/l zur geschmacklichen Wahrnehmung. Auf Fische ist die geschmackliche Wirkung der Chlorphenole jedoch noch nicht ausreichend geprüft worden. Außer Czensny (1929) hat, soweit ich sehe, noch niemand eine diesbezügliche Zahlenangabe gemacht. Seine Angaben scheinen aber nur auf gelegentlichen Beobachtungen zu beruhen. So schreibt er: „Eine Geschmacksbeeinträchtigung dagegen tritt noch bei sehr viel geringeren Gehalten auf und dürfte bei genügend langer Einwirkung noch unter 1 mg/l festzustellen sein" (bezieht sich auf „Phenole"). „Enthält das Wasser außerdem noch freies Chlor, so werden durch die entstehenden Chlorphenole die Fische noch bei Gehalten von 0,1 mg/l und vielleicht noch erheblich darunter ungenießbar gemacht. Eine Nachprüfung dieser Grenzzahlen erscheint sehr wünschenswert ..." Das steht aber bis heute noch aus, ja bei der Diskussion der Geschmacksbeeinträchtigung der Fische wurde an die Wirkung der Chlorphenole in den seltensten Fällen gedacht. Nur Wundsch (1933) und Bandt (1946) erwähnen sie kurz, wohl im Hinblick auf Czensny. Es erschien daher angebracht, durch Versuche die Grenzwerte der Geschmackswirkung von Chlorphenolen auf Fische festzustellen.

2. Versuchsanordnung

Die geringen Konzentrationen, mit denen erwartungsgemäß zu arbeiten war, bedingen eine Versuchsanordnung, die einen Verlust dieser Spuren durch Abbau, Adsorption usw. ausschaltet. Daher wurde das Prinzip des Durchflusses einer frisch bereiteten Lösung gewünschter Konzentration durch das Versuchsbecken angewandt, das heißt, einem konstant fließenden Wasserstrom (Leitungswasser) wurde die nötige Menge Phenol bzw. Chlorphenol durch Dosierung laufend zugesetzt.

Abb. 1 zeigt eine schematische Skizze der verwendeten Anlage. Aus der Wasserleitung (*L*) fließt das Wasser in ein Klosettspülbecken (*S*), in dem nur das Reduzierventil mit Schwimmer belassen wird. Durch diese Einrichtung wird der Druck der Wasserleitung ausgeschaltet und der Wasserdruck auf einen konstant bleibenden Wert, entsprechend dem Niveauunterschied (*d*) zwischen Spül- und Versuchsbecken (*V*) gebracht. Damit ist die Voraussetzung für einen gleichbleibenden Durchfluß gegeben. Das Niveaugefäß (*N*), in welches das Wasser nach dem Winkelheberprinzip aus dem Versuchsbecken geleitet wird, regelt den Abfluß und hält den Wasserstand im Versuchsbecken auf der gewünschten Höhe. Die Verbindung zwischen *S* und *V* besteht aus Glasrohren. In sie ist eine Wasserstrahlpumpe (*W*) aus Glas eingeschaltet. Das mit gleichmäßigem Druck hindurchfließende Wasser erzeugt an deren Saugstutzen einen geringen, gleichbleibenden Sog, der für die Dosierung ausgenutzt wird. Die Wirbel im Abflußrohr der Wasserstrahlpumpe sorgen für eine gleichmäßige Durchmischung der konzentrierten Phenollösung mit dem Leitungswasser. In das verbindende Glasrohr zwischen Wasserstrahlpumpe und Versuchsbecken wird eine Verengung gezogen, die durch Probieren so bemessen ist, daß unter den gegebenen Bedingungen ein Durchfluß von 80 l h vorhanden ist. Das ergibt bei einem Beckeninhalt von 40 l eine zweimalige Erneuerung des Wassers pro Stunde.

Die zugesetzte Phenollösung befindet sich in einer Vorratsflasche (*F*) mit Bodentubus. Aus diesem fließt das Wasser durch Schlauch in einen Trichter, der mit feiner Bronzegaze von 50 μ Maschenweite ausgelegt ist. Ein zweiter Schlauch mündet im Trichter etwas höher und ist mit der Flaschenöffnung luftdicht verbunden. Aus der Flasche kann jetzt durch den Bodentubus nur soviel Lösung ausfließen, wie Luft durch den zweiten Schlauch eintreten kann. Durch diesen kann die Luft aber nur eindringen, wenn der Wasserspiegel im Trichter die Schlauchöffnung freigibt. Der unterschiedliche Wasserdruck, der sich beim Leerlaufen der Vorratsflasche ergeben würde, wenn diese unmittelbar an die Dosierungsvorrichtung angeschlossen wäre, wird so auf die etwa 5 cm betragende Niveauschwankung im Trichter reduziert. Diese geringe Druckschwankung kann gegenüber der Saugwirkung der Wasserstrahlpumpe vernachlässigt werden.

Zwischen Trichter und Wasserstrahlpumpe wird eine Dosierungsvorrichtung (*D*) geschaltet. Sie besteht im Prinzip aus einem dicken Stück Glasrohr, das oben mit dem Trichterabfluß verbunden ist und in das von unten eine zu einer Kapillare ausgezogene Glasröhre eingeführt wird, die zum Saugstutzen der Wasserstrahlpumpe führt. Die Kapillare kann ausgewechselt werden und bestimmt das Mischungsverhältnis. Meist wurde mit einer Kapillare gearbeitet, die ein Mischungsverhältnis von etwa 1 : 500 ergibt. Sie ist so fein, daß der Druck aus dem Niveauunter-

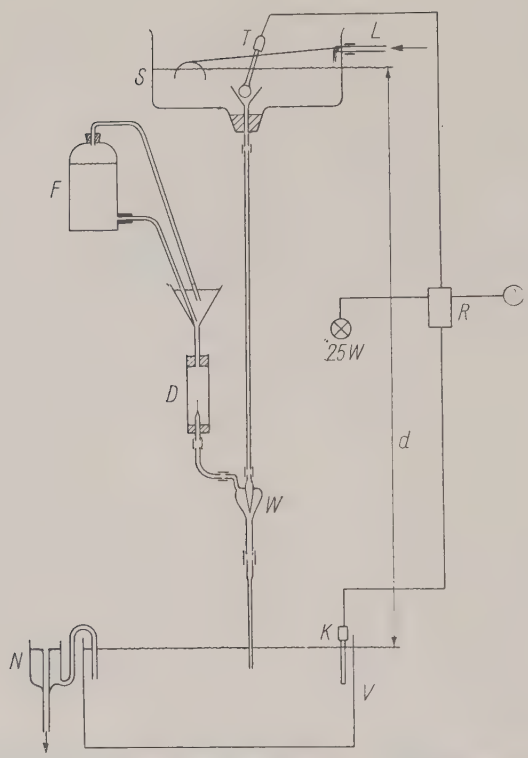


Abb. 1. Schematische Zeichnung der Versuchsanlage. *D* Dosierungsvorrichtung; *F* Vorratsflasche; *K* Kontaktthermometer; *L* Anschluß der Wasserleitung; *N* Niveaugefäß; *R* Relais; *S* Spülbecken; *T* Tauchsieder; *V* Versuchsbecken; *W* Wasserstrahlpumpe; *d* konstante Höhe der wirksamen Wassersäule.

schied zum Trichter die Lösung nicht durch sie hindurchdrückt, diese wird vielmehr durch den Sog der Wasserstrahlpumpe durchgesaugt. Die Konzentration der Vorratslösung wird so bemessen, daß sich im Ausfluß der Anlage die gewünschte Endkonzentration ergibt. In längeren Versuchen mit Farb- und Phenollösungen wurde die Konstanz der Apparatur erprobt. Dazu wurde die Phenollösung so stark angesetzt, daß im Ausfluß eine nach der HNS-Methode meßbare Konzentration vorhanden ist. In den Versuchen mit Chlorphenol, in denen die Endkonzentration unter die Grenze der chemischen Nachweisbarkeit (mit der HNS-Methode) sank, wurde die Kontrolle durch Berechnung ersetzt, verbrauchtes Phenol (gemessen am Verbrauch von Vorratslösung bekannter Konzentration) durch Wasserverbrauch, beides für die Dauer des jeweiligen Versuches.

Wichtig für ein einwandfreies Arbeiten der Anlage ist eine luftarme Vorratslösung. Wird luftgesättigtes Leitungswasser durch die Dosieranlage gesaugt, so bilden sich vor allem unter der Kapillare Luftblasen, die den Durchflußwert verändern. Auch muß die Verbindung zwischen *S* und *V* so beschaffen sein, daß eventuell darin auftretende Luftblasen sofort mitgerissen werden und sich nicht an irgendeiner Stelle (Verbindungsschlauch, Knick) festsetzen können, was sofort zu veränderten Durchflußmengen führt. Bezüglich der Vorratslösung wurde so verfahren, daß das für die Lösung benutzte Leitungswasser abgekocht und die abgewogene Phenolmenge in dem noch heißen Wasser gelöst wurde.

Die Temperatur im Versuchsbecken wird durch elektrische Heizung auf 15 °C konstant gehalten. Die Heizung erfolgt durch einen Reisetauchsieder (*T*) von 500 W im Spülbecken; das Kontaktthermometer (*K*) befindet sich im Versuchsbecken. Das Relais (*R*) ist so geschaltet, daß es beim Ansteigen der Temperatur über 15 °C den Tauchsieder nicht ab-, sondern in seinen Stromkreis eine 25-W-Glühlampe zuschaltet. Der Tauchsieder heizt dann mit geringerer Intensität weiter. Dadurch wird vermieden, daß zu kaltes Leitungswasser ins Becken gelangt, was auf die Versuchstiere schädlich wirken kann, und daß ein zu häufiges Schalten das Relais zu sehr belastet.

Die Temperatur des ausfließenden Wassers schwankte maximal zwischen 12 und 18 °C, die Temperatur im Versuchsbecken um wenige Zehntelgrade.

Durch Verwendung einer Durchflußanlage wurde gleichzeitig das Problem der Sauerstoffversorgung der Versuchsfische gelöst. Bei Besatz mit 5 Karpfen sank der Sauerstoffgehalt im Versuchsbecken nicht unter 3,2 mg/l. Der pH-Wert wird von der Reaktion des Leitungswassers bestimmt und schwankte zwischen 5,1 und 5,5. Auf völlig konstante Versuchsbedingungen bezüglich pH-Wert, Salzgehalt, insbesondere Härte, und Sauerstoffgehalt wurde verzichtet, da die Schwankungsbreite bei Verwendung ein und desselben Leitungswassers gering ist und unbedeutend erscheint im Vergleich zu der Fehlerbreite, die durch die individuellen Unterschiede der Versuchstiere und durch den nicht zu vermeidenden subjektiven Charakter der Geschmacksprobe gegeben ist. Auch scheinen bei Versuchen über Geschmacksbeeinflussung nicht so strenge Maßstäbe erforderlich zu sein, wie sie Wuhrmann und Woker (1955) bei Toxizitätsprüfungen fordern. Das Problem liegt bei Geschmacksversuchen vor allem darin, geringste Konzentrationen der zu prüfenden Stoffe über beliebig lange Zeit in unveränderter Höhe sicher halten zu können. Zu den Versuchen wurden zweisömmrige Karpfen mit einem Gewicht von 500 bis 800 g verwendet. Die Tiere stammten aus der Talsperre Pirk bei Oelsnitz (Vogtl.) und wurden vom dortigen Fischmeister geliefert. Zu jedem Versuch wurden 5 Tiere (bzw. 4 und 1 Kontrolle) verwendet. Nachdem jeweils die Versuchsanlage eingelaufen war, wurden die Karpfen in das Versuchsbecken gesetzt und 3 Tage darin belassen.

Czensny (1939) fand bei Geschmacksversuchen mit Fischen keine Unterschiede zwischen 3- und 8tägig behandelten Tieren. Albersmeyer und v. Erichsen (1959), die bei einer bestimmten Konzentration die Einwirkungszeit variierten, kamen zu wesentlich kürzeren Versuchszeiten (wenige Minuten bis 20 Stunden). Somit dürfte eine 3tägige Versuchsdauer ausreichen, damit sich für den zu untersuchenden Stoff das Gleichgewicht zwischen Außenkonzentration und im Fisch gespeicherter Menge einstellen kann.

Die Geschmacksprüfung wurde im wesentlichen nach Czensny (1939) durchgeführt. Die Versuchstiere wurden getötet und 5 bis 10 Minuten in einer 0,5 %igen Kochsalzlösung gekocht (Kopf und Eingeweide waren vorher entfernt worden). Obwohl es sich bei den Untersuchungen um wasserdampfflüchtige Phenole handelte, scheinen bei der Zubereitung keine nennenswerten Verluste an den geschmacksbildenden Stoffen eingetreten zu sein; offenbar sind diese fest an das Gewebe gebunden.

Czensny (1939) unterscheidet folgende Stufen des Mißgeschmacks:

Stufe 0: Der Fisch ist vollkommen unbeeinflußt.

Stufe 1: Ein definierbarer Mißgeschmack ist nicht vorhanden, aber der natürliche Wohlgeschmack des Fischfleisches ist verschwunden. Der Laie würde das als „dumpfigen Geschmack" bezeichnen.

Stufe 2: Definierbarer Mißgeschmack, das heißt, man kann mit Bestimmtheit sagen, wonach der Fisch schmeckt.

Stufe 3: Sehr deutlicher Mißgeschmack, aber in gewissen Zubereitungen gerade noch eßbar (bedingt genießbar).

Stufe 4: Mißgeschmack so stark, daß der Fisch nicht mehr gegessen werden kann (völlig ungenießbar).

Die Abgrenzung dieser Stufen ist subjektiv. Am leichtesten kann man zwischen Stufe 1 und 2 unterscheiden. Es wurde nun so verfahren, daß, ausgehend von einer höheren Konzentration, diese im jeweils folgenden Versuch verringert wurde. Wenn die Karpfen eines Versuches von den Geschmacksprüfern im Durchschnitt mit Stufe 1 bewertet wurden, war der Schwellenwert für die geschmackliche Beeinträchtigung für den getesteten Stoff gefunden. Als Geschmacksprüfer stellten sich 5 Kollegen zur Verfügung. Zwischen dem Verkosten der einzelnen Proben wurde trockenes Brot gekaut, um den Geschmack der vorhergehenden Probe zu neutralisieren.

3. Ergebnisse

a) Phenol

Reines Phenol ruft kaum eine geschmackliche Beeinträchtigung des Fischfleisches hervor. EBELING (1940) gibt an, daß eine solche bei 25 mg/l noch nicht erfolgt. Diese Konzentration wirkt aber bereits letal. Die Letalitätsgrenze gibt derselbe Autor mit 10 bis 15 mg/l an.

Die Ergebnisse eines eigenen Versuches stehen nicht im Widerspruch zu diesen Angaben. 5 Karpfen wurden 3 Tage mit 10 mg/l Phenol p. a. behandelt. Sie starben in dieser Zeit nicht, zeigten aber deutliche Vergiftungserscheinungen: Verstärkte Reaktionen auf äußere Reize (Schreckhaftigkeit), Fluchtversuche, zum Teil leichte Störung des Gleichgewichtsempfindens. Bei der Geschmacksprobe war keinerlei Mißgeschmack (auch kein „dumpfiger" Geschmack) feststellbar, doch fehlte im Gegensatz zu den Kontrolltieren der typische Karpfengeschmack.

Daß trotzdem Phenol im Fischkörper gespeichert wurde, zeigte die chemische Untersuchung der einzelnen Organe auf Phenol. Dazu wurden die säuberlich isolierten Organe eines Karpfens, der 5 Tage mit 10 mg/l Phenol behandelt und anschließend noch 6 Stunden in reinem Wasser gehältert wurde, mit 5 %iger Natronlauge p. a. mazeriert, die verseiften Fette mittels $CaCl_2$ als Kalkseife ausgefällt und nach Ansäuern der Probe mit Phosphorsäure etwa zwei Drittel abdestilliert. Neben dem wasserdampfflüchtigen Phenol gehen dabei unter anderen auch leichtsiedende Tranöle mit über, die das Destillat trüben und durch Filtrieren teilweise zu entfernen sind. In dem klaren Filtrat wurde der Phenolgehalt nach der HNS-Methode bestimmt und auf mg/kg Organgewicht umgerechnet. Da noch ein Teil der Tranöle in Lösung bleibt und teilweise die Farbtiefe beim Bestimmen der HNS-Phenole beeinflußt, wurden von einem frischen, nicht mit Phenol behandelten Karpfen Blindwerte bestimmt und von den Werten des „Phenolkarpfens" in Abzug gebracht. Danach wird das Phenol besonders in Leber und Kiemen gespeichert. Im einzelnen wurden folgende Werte ermittelt:

Muskulatur (einschließlich Haut)	10 mg Phenol/kg
Niere	12 mg Phenol/kg
Leber	19 mg Phenol/kg
Hoden	9 mg Phenol/kg
Darm	7 mg Phenol/kg
Kiemen	17 mg Phenol/kg

b) Monochlorphenole

In der oben beschriebenen Weise wurden die drei Monochlorphenole getestet und die Werte ermittelt, bei denen noch eine deutliche, jedoch unspezifische (dumpfige) Veränderung des Geschmacks der Karpfen wahrgenommen werden konnte, und zwar ergaben sich für

o-Chlorphenol	0,015 mg/l,
p-Chlorphenol	0,06 mg/l,
m-Chlorphenol	0,06 mg/l.

Im jeweils voraufgehenden Versuch, bei dem die Chlorphenolkonzentration um etwa eine halbe Zehnerpotenz höher als oben angegeben war, schmeckten die Karpfen spezifisch nach Chlorphenol. Karpfen, die mit den angegebenen Grenzkonzentrationen behandelt wurden, dürften wohl bei gewürzreicher Zubereitung von vielen Menschen nicht beanstandet werden. Die Fische zeigten bei diesen und höheren Konzentrationen (bis zu 0,3 mg/l o-Chlorphenol) kein abnormes Verhalten, das auf Vergiftungserscheinungen hinweisen würde.

4. Diskussion der Ergebnisse

Vergleicht man die gewonnenen Ergebnisse mit den eingangs diskutierten Literaturangaben, so ergibt sich, daß die Monochlorphenole von allen bisher untersuchten phenolartigen Stoffen einschließlich der nichtphenolischen Begleitstoffe der Phenolabwässer am stärksten geschmacksbeeinträchtigend auf lebende Speisefische wirken. Die noch geschmacklich wirksame Konzentration von 0,015 mg o-Chlorphenol/l liegt in derselben Größenordnung wie die den Geschmack von Fischen beeinflussenden Phenolgehalte in Vorflutern (0,02 bis 0,03 mg/l nach Ebeling). Dabei ist zu beachten, daß sich beide Werte auf wasserdampfflüchtige, also einwertige Phenole beziehen. In Vorflutern können aber, wenn solche geringen Werte gemessen werden, zusätzlich mehrwertige Phenole und phenolfreie Begleitstoffe in höheren Konzentrationen vorhanden sein, da die einwertigen Phenole in den Phenolabwässern in der Regel am raschesten biologisch abgebaut werden. Es wäre also denkbar, daß die von Albersmeyer und v. Erichsen (1959) getesteten aromatischen neutralen Phenolbegleitstoffe für die enorme geschmackliche Wirkung der weitgehend abgebauten Phenolabwässer verantwortlich sind.

Allgemein ist aber bekannt, daß in Flüssen, die phenolhaltige Abwässer aufnehmen, die wasserdampfflüchtigen Phenole relativ rasch abgebaut werden bis auf einen geringen Restbetrag, der besonders im Winter über Hunderte von Flußkilometern erhalten bleibt. Es muß der Verdacht geäußert werden, daß es sich dabei um Chlorphenole handelt, die ja ebenfalls mit der HNS-Methode erfaßt werden, jedoch dem bakteriellen Abbau weitgehend widerstehen; werden sie doch z. B. als Desinfektionsmittel verwendet. Die schon erwähnte Übereinstimmung zwischen den in Vorflutern ermittelten Grenzwerten für geschmackliche Beeinflussung von Fischen und den experimentell ermittelten Daten geben einen weiteren Hinweis darauf, daß es sich bei den wasserdampfflüchtigen „Restphenolen" in Vorflutern um Chlorphenole handeln könnte. Die Geschmackswirkung derselben würde sich zu der der aromatischen neutralen Phenolbegleitstoffe, falls sie vorhanden sind, addieren, und dieses Ensemble von geschmacklich hochwirksamen Stoffen dürfte wohl die bekannten, überaus lästigen Geruchs- und Geschmackswirkungen der Phenolabwässer bewirken.

Chlorphenole bilden sich in wäßriger Lösung bei der Einwirkung von Chlor auf Phenol. Da freies Chlor mit Abwässern auf mannigfache Weise in Vorfluter, die phenolhaltige Abwässer führen, gelangen kann, z. B. aus Kläranlagen, Krankenhäusern, Bleichereien usw., ist die Möglichkeit des Vorkommens von Chlorphenolen im Vorfluter durchaus gegeben. Das Phenol wird wohl meist im Überschuß vorhanden sein, so daß die gebildete Menge Chlorphenol von der zugeführten Chlormenge abhängig ist.

Es mag noch erwähnt werden, daß der Ablauf dieser Reaktion von Burttschell u. a. (1959) näher untersucht wurde. Danach steigt zunächst die Geschmacksintensität mit der Chlorzugabe an, erreicht ihren Höhepunkt bei einem Verhältnis von Chlor zu Phenol von 2 : 1 und fällt dann bis zu einem geschmacklosen Endprodukt ab. Im Maximum der Geschmacksintensität sind o-Chlorphenol, 2,4-Dichlorphenol und insbesondere 2,6-Dichlorphenol vorhanden. Während man bisher das o-Chlorphenol als intensivsten Geschmacksbildner ansah, ergab sich, daß das 2,6-Dichlorphenol wesentlich geschmacksintensiver ist; es ist zu 75 % am Chlorphenolgeschmack beteiligt. Damit ist auch zu vermuten, daß dieser Stoff in Reinsubstanz noch in wesentlich geringeren Konzentrationen als das o-Chlorphenol geschmacksbeeinträchtigend auf Fische wirkt. Leider konnten Dichlorphenole nicht getestet werden, da sie als Reinsubstanz nicht zur Verfügung standen.

5. Literatur

Albersmeyer, W., u. v. Erichsen, L., 1959: Untersuchungen zur Wirkung von Teerbestandteilen in Abwässern. IV. Mitteilg. Zur Frage der Geschmacksbeeinträchtigung von Fischen durch phenolhaltige Abwässer. Zschr. Fischerei N. F. 8, 44—46.

Bandt, H.-J., 1946: Geschmacksverschlechterung bei lebenden Speisefischen. Beitr. Flußwasser-Untersuchungsamt Magdeburg 1, 36—39.

Bandt, H.-J., 1958: Phenolabwässer und Abwasserphenole, ihre Entstehung, Schadwirkung und abwassertechnische Behandlung. - Eine monographische Studie. Akademie Verlag, Berlin.
Burttschell, R. H., Rosen, A. A., Middleton, F. M., and Ettinger, M. B., 1959: Chlorine derivatives of phenol causing taste and odor. J. Amer. Water Works Assoc. **51**, 205 -214.
Bucksteeg, W., Thiele, H., u. Stölzel, K., 1955: Die Beeinflussung von Fischen durch Giftstoffe aus Abwässern. Vom Wasser **22**, 194—211.
Czensny, R., 1929: Nachweis von Verunreinigungen der Fischgewässer durch teer- und phenolhaltige Abwässer. Vom Wasser **3**, 206—219.
— 1939: Geschmacksbeeinflussung bei lebenden Speisefischen. Monatshefte Fischerei N. F. **7**, 217—220.
Ebeling, G., 1940: Versuche über die Wirkung phenolhaltiger Abwässer im Zusammenhang mit Rheinuntersuchungen auf der Strecke von Mainz bis Emmerich in den Jahren 1935 -1937. Vom Wasser **14**, 81—91.
Knop, E., 1955: Abwasserwirtschaft der Kokereien. Techn. Mitt. **48**, 132.
Meinck, F., u. Spaltenstein, A., 1947: Abwässer der Kohleveredlungsindustrie und Trinkwasserversorgung. Ein Beitrag zur Kenntnis der Phenolabwässer. Ges.-Ing. **68**, 7—11.
Wuhrmann, K., and Woker, H., 1955: Influence of temperature and oxygen tension on the toxicity of poisons to fish. Verh. Int. Ver. Limnol. **12**, 795—801.
Wundsch, H. H., 1933: Geschmacksverschlechterung bei lebenden Speisefischen. Mitt. Fischereiver. West. **3**, 195—200.

Dr. Eberhard Schulze,
Forschungsinstitut für
Mikrobiologie und Hygiene,
Bad Elster

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	91—104

Gisela Schuster

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig,

DIE TOXISCHE WIRKUNG VON NIEDEREN UND MITTLEREN FETTSÄUREN AUF EINIGE CILIATEN[1])

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung 91
2. Methodik 92
3. Toxikologische Untersuchungen 92
   a) *Paramecium caudatum* 92
   b) *Euplotes charon* 94
   c) *Spirostomum ambiguum* 94
   d) *Colpidium colpoda* 96
4. Der Einfluß der Temperatur auf die toxische Wirkung von Fettsäuren 97
5. Versuche über die Reversibilität der Schädigungen bei *Paramecium caudatum* und *Euplotes charon* 97
6. Diskussion der Ergebnisse 99
7. Zusammenfassung 103
8. Literatur 103

1. Einleitung und Problemstellung

In den Abwässern der kohleveredelnden Industrie sind neben Phenolen, NH_3 und H_2S auch Fettsäuren mit einem erheblichen Prozentsatz vertreten.

Nach Meissner (1954) enthielt z. B. das Kondensatwasser der Großkokerei Lauchhammer im Juni und Juli des Jahres 1953 19 bis 38,3 g/l flüchtige organische Säuren. Phenole folgten erst an zweiter Stelle mit einer Konzentration von 20 bis 24 g/l. Auch bei der Paraffinoxydation entstehen als Nebenprodukte niedere und mittlere Fettsäuren. Hier enthält das wäßrige Kondensatwasser flüchtige organische Säuren in 20 bis 35 %iger Konzentration (Mannes 1944).

Diese Abwässer werden vielfach nur ungenügend gereinigt in den Vorfluter eingeleitet. Deshalb ist es interessant zu wissen, wie diese Fettsäuren auf die Lebewelt des Vorfluters wirken.

Es ist bekannt, daß bei Fäulnisprozessen sowohl aus Kohlenhydraten als auch aus Eiweißen Fettsäuren entstehen. Sie bzw. ihre Salze sind daher auch unter natürlichen Bedingungen in unseren Gewässern zu finden. Es wäre deshalb zu erwarten, daß es eine Beziehung zwischen der Stellung der Leitformen im Saprobiesystem und ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Fettsäuren gibt.

Als Testobjekte sind Ciliaten besonders geeignet, denn sie reagieren sehr empfindlich auf Milieuveränderungen.

Schon Kolkwitz und Marsson (1909) betonten, daß Ciliaten die größte Bedeutung bei der Beurteilung des Verschmutzungsgrades eines Gewässers unter allen Tieren zukommt. Auch Liebmann (1947) erwähnt, daß ein Organismus um so besser auf Umweltreize reagiert, je einfacher er organisiert und je größer seine Oberfläche im Verhältnis zu seinem Volumen ist, das heißt, je kleiner er ist.

---

[1]) Gekürzt nach einer Diplomarbeit.

Für die Versuche wurden folgende Ciliaten verwendet:

	Saprobiestufe nach LIEBMANN
Colpidium colpoda (EHRENBERG 1831) STEIN 1860	polysaprob
Paramecium caudatum EHRENBERG 1838	α-mesosaprob
Spirostomum ambiguum MÜLLER EHRENBERG 1838	α-mesosaprob
Euplotes charon (MÜLLER 1786) STEIN 1859	β-mesosaprob

Die Haltung und Züchtung dieser Ciliaten ist sehr einfach. Man kann von diesen Objekten in relativ kurzer Zeit reinerbiges Material erhalten, indem man einen Klon herauszüchtet. Die Kleinheit und die rasche Vermehrung der Tiere ermöglicht es, daß zu einem Versuch eine große Anzahl von Versuchstieren verwendet werden kann. Dadurch wird die Gewähr für die Eindeutigkeit der Versuchsergebnisse größer.

2. Methodik

Von jeder zu untersuchenden Ciliatenart wurde ein Klon angelegt, das heißt, ein einziges isoliertes Tier lieferte durch vegetative Vermehrung das gesamte Untersuchungsmaterial für die entsprechende Art. Die Ciliaten wurden in 50-ml-Erlenmeyerkölbchen gehalten. Als Nährlösung diente Heudekokt, 1 : 4 verdünnt mit abgekochtem Leipziger Leitungswasser. *Colpidium colpoda* und *Paramecium caudatum* wurden außerdem regelmäßig mit einer Aufschwemmung von Bäckerhefe gefüttert; *Spirostomum ambiguum* und *Euplotes charon* vermehrten sich besser ohne Hefe.

Zu den Versuchen wurden folgende Säuren verwendet:

Ameisensäure HCOOH	85 %ig p. a.
Essigsäure CH_3COOH	99 %ig p. a.
Propionsäure C_2H_5COOH	100 %ig rein
iso-Buttersäure $(CH_3)_2CH\ COOH$	100 %ig rein
iso-Valeriansäure $(CH_3)_2CH\ CH_2COOH$	100 %ig rein

Als Verdünnungswasser diente abgekochtes Leitungswasser. Die Versuche wurden jeweils mit 10 ml Flüssigkeit in Petrischalen (6 cm ⌀, 2 cm Höhe) angesetzt.

In diese Gefäße wurde zunächst eine bestimmte Menge Ciliatenkultur gegeben und dann mit der entsprechenden Säureverdünnung auf 10 ml Gesamtflüssigkeit aufgefüllt. Dies geschah tropfenweise unter regelmäßigem Schwenken der Petrischale.

Bei jedem Versuch kamen etwa 50, von *Spirostomum ambiguum* 20 bis 30 Tiere zur Verwendung. Für jede Konzentration wurden 2 Versuche durchgeführt. Dazu wurde noch ein Versuch mit einer Mischkultur von jeweils 2 Ciliatenarten angesetzt, um eventuelle geringe Konzentrationsunterschiede beim Ansatz auszuschalten. Traten größere Differenzen in den Ergebnissen dieser 3 Versuche auf, wurden nochmals Versuche mit dieser Konzentration durchgeführt.

Die Tiere wurden während des Versuches zunächst in einer Petrischale mikroskopisch beobachtet. Gegen Ende des Versuches wurden einige Tiere auf einen Objektträger gebracht. Die Ränder des aufgelegten Deckglases wurden mit Vaseline abgedichtet, um eine schnelle Verdunstung und Konzentrationsänderung zu vermeiden. Jetzt konnten die Reaktionen der Tiere bei stärkerer Vergrößerung verfolgt werden.

Als letale Dosis wurde die geringste Konzentration gewertet, bei der mehr als die Hälfte der Versuchstiere starben. Die folgenden Angaben gelten auch für Ameisensäure und Essigsäure in 100 %iger Konzentration. Um eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu haben, wurden die Konzentrationen der 85- und 99 %igen Säuren auf die Konzentration einer 100 %igen Säure umgerechnet.

3. Toxikologische Untersuchungen

Die Individuen einer Ciliatenart reagieren auf die verschiedenrn Fettsäuren ziemlich gleich, deshalb werden im folgenden für eine Art die Hauptphasen der Schädigung nur einmal angeführt.

a) *Paramecium caudatum*

Paramecium caudatum ist für Toxizitätsversuche ein sehr verbreitetes Objekt. Die bei den verschiedensten Giften auftretenden Schädigungsbilder ähneln sich alle in mehr oder weniger starkem Maße.

Die oberflächenaktiven Detergenzien (Göbel 1957) und das ebenfalls stark oberflächenaktive Penicillin (Kaunat 1954) bewirken im wesentlichen eine allmähliche Quellung.

Die durch Fettsäuren hervorgerufenen Schädigungen ähneln sehr stark denen, die Stammer (1953) für die Fäulnisgifte NH_3 und H_2S beschreibt.

Bei der normalen Bewegung von *Paramecium caudatum* schlagen die Cilien etwas schräg, so daß außer der Vorwärtsbewegung noch eine Drehung um die Längsachse zustande kommt. Die Drehung erfolgt über die linke Seite. Durch den stärkeren Schlag der Peristomcilien wird eine Abweichung nach der adoralen Seite verursacht. Dadurch kommt eine spiralige Bahn mit gerader Achse zustande (Jennings 1914).

Nach Zugabe der Säure schwimmen die Tiere anfangs schneller (Fluchtreaktion), doch bald darauf wird ihre Bewegung langsamer als die der Kontrolltiere in normaler Kulturflüssigkeit. Auch die Art der Bewegung ändert sich in auffallendem Maße: Die Rotation um die Längsachse verlangsamt sich, während sich die Abweichung nach der adoralen Seite bedeutend verstärkt, so daß das Vorderende in einem größeren Kreis schwingt. Das Hinterende bleibt an einer Stelle oder beschreibt einen kleinen Kreis. Die Bewegungen werden schließlich so langsam, daß die Tiere zu Boden sinken und sich dort sehr langsam, mehr kriechend als schwimmend vorwärtsbewegen.

Der ovale Makronucleus, der am normalen Tier kaum zu sehen ist, tritt jetzt deutlich hervor.

Besonders durch die Einwirkung von Ameisen- und Essigsäure wird der Kern sehr gut sichtbar. Die kontraktilen Vakuolen entleeren sich etwa nur noch 4mal in einer Minute (bei normalem Tier etwa 6 bis 7mal pro Minute). Das Tier verliert seine schlanke Form und quillt, bei den einzelnen Säuren in verschieden starkem Maße, auf. In den verschiedenen Ameisensäurekonzentrationen ist kaum eine Quellung zu bemerken, bei Essigsäure tritt sie bei den niedrigsten tödlichen Konzentrationen auf. Propionsäure und besonders Butter- und Valeriansäure rufen in allen geprüfen Konzentrationen eine starke Quellung der Versuchstiere hervor. Schließlich stellen die kontraktilen Vakuolen ihre Tätigkeit ein. Die Cilien schlagen so langsam, daß keine Ortsbewegung mehr stattfindet. Der wellenförmige Cilienschlag ist jetzt deutlich zu verfolgen. Bei weiterer Schädigung wird er immer langsamer und unregelmäßiger. In dieser Phase kann die Pellicula an einigen Stellen aufplatzen, an denen dann hyalines Plasma austritt. Diese Reaktion wird regelmäßig bei Propion-, Butter- und Valeriansäure beobachtet, seltener bei Essig- und Ameisensäure. Die hohen Konzentrationen der Ameisen- und Essigsäure bewirken das Ausschleudern der Trichocysten.

Bald hören die Körpercilien auf zu schlagen, die Peristomcilien schlagen noch kurze Zeit. Dann stellen auch sie ihre Tätigkeit ein. Die Strukturen (Makronucleus, Trichocysten, Cilien) sind für wenige Sekunden jetzt sehr deutlich zu erkennen, dann zerfallen die Cilien. Dieser Zustand wird als Tod des Tieres gewertet. Von jetzt an werden die Strukturen allmählich undeutlich. Das gesamte Plasma wird in zunehmendem Maße undurchsichtig und der Makronucleus dadurch undeutlich. Die toten Tiere schrumpfen etwas und nehmen eine birnenförmige Gestalt an.

Ist die Todeszeit in 2 Zahlen angegeben (z. B. 60′—90′), so gibt die erste Zahl den Zeitpunkt des Todes der ersten Versuchstiere an, während die zweite Zahl die Todeszeit der zuletzt gestorbenen Tiere bezeichnet.

GS (= Schädigung) bedeutet, daß durch diese Konzentration nur die ersten Schädigungssymptome ausgelöst werden. Die angegebene Zeit charakterisiert dabei den Zeitpunkt der stärksten Schädigung. Danach erholen sich die Versuchstiere allmählich wieder und verhalten sich schließlich wieder wie unbeeinflußte Kontrolltiere. Auch nach 7tägigem Aufenthalt in dieser Konzentration ist keine weitere Schädigung zu beobachten.

Prozentangaben (z. B. 50′ bis 90′ 30 %) bedeuten, daß bei dieser Konzentration nur ein Teil (30 %) der Tiere dieses Versuches starben, während sich die übrigen (70 %) nach anfänglicher Schädigung wieder erholen.

Tabelle 1. Todeszeiten bei der Einwirkung verschiedener Fettsäurekonzentrationen auf *Paramecium caudatum*

Konzentration	Ameisensäure	Essigsäure	Propionsäure	Buttersäure	Valeriansäure
0,085 ml/l	60 Min. GS	—	—	—	—
0,0935 ml/l	20′	—	—	—	—
0,1020 ml/l	15′	—	—	—	—
0,1089 ml/l		—	—		—
0,1188 ml/l		50—90′ 30 %	—	—	—
0,1275 ml/l	8′		—	—	—
0,1287 ml/l		60—90′	—	—	—
0,1485 ml/l		40—70′	—	—	—
0,17 ml/l	1—2′		—	—	—
0,18 ml/l			90′ GS	—	—
0,19 ml/l			240—300′	—	—
0,198 ml/l		15—20′		—	—
0,20 ml/l			90—120′	—	—
0,21 ml/l			30—50′	—	—
0,23 ml/l				60′ GS	—
0,24 ml/l				180—300′ 10 %	—
0,25 ml/l				60—120′	—
0,27 ml/l				30—60′	—
0,28 ml/l					600′ 10 %
0,29 ml/l					240—480′
0,30 ml/l					60—180′
0,32 ml/l					10′

′ = Minuten.

Niedrigere Konzentrationen als die für die betreffende Säure aufgeführten, rufen keinerlei toxische Reaktionen bei den Tieren hervor (—), höhere wirken selbstverständlich tödlich.

b) *Euplotes charon*

Auch bei diesem Ciliat treten nach Säurezugabe Fluchtreaktionen auf. Sie dauern nur kurze Zeit an, dann verlangsamt sich die Fortbewegung in zunehmendem Maße. Bald liegen die Versuchstiere am Boden des Gefäßes und führen nur kreisende Bewegungen aus. Bei diesen Bewegungen liegt der Mittelpunkt des Kreises am Hinterende des Tieres. Die Pulsation setzt aus. Nun beginnt sich die kontraktile Vakuole zu vergrößern. Nur eine geringe Vergrößerung tritt bei Versuchen mit Ameisensäure ein. Sie wird stärker bei Essigsäure, bei Propion-, Butter- und Valeriansäure, schließlich erreicht die pulsierende Vakuole nicht selten die Größe des übrigen Tieres. Hier platzt die pulsierende Vakuole meist kurz vor dem Tod des Tieres. Der lange gebogene Kern wird als stärker lichtbrechender Körper sichtbar. Dieser Effekt ist wiederum bei Ameisen- und Essigsäure am stärksten. Die Cirren schlagen bald nur noch vereinzelt, das Tier liegt bewegungslos.

Nach dem Stillstand der Cirren bleiben diese noch für kurze Zeit deutlich. Auch der Kern ist zu diesem Zeitpunkt gut zu erkennen. Dann zerfallen die Cirren plötzlich (Tod des Tieres). Die Wände der kontraktilen Vakuole werden durchlässig, so daß Plasma sowohl in die kontraktile Vakuole als auch von ihr nach außen tritt. Der Kern gibt seine hufeisenförmige Krümmung auf, und streckt sich mehr oder weniger in die Länge. Er bleibt bei dieser Art lange sichtbar, trotzdem auch hier das übrige Plasma undurchsichtig wird.

c) *Spirostomum ambiguum*

Nach LIEBMANN (1951) vermag diese Art größere pH-Schwankungen zu vertragen, dagegen ist sie gegenüber H_2S und O_2-Mangel sehr empfindlich; bei Versuchen mit CO_2-gesättigtem Wasser (NIKINSKY und MUDREZOWA-WYSS 1930) zerfällt sie in einzelne Stücke, die „zum Teil noch in Verbindung bleiben".

Tabelle 2. Todeszeiten für *Euplotes charon* in verschiedenen Fettsäurekonzentrationen (vgl. Erläuterungen zu Tabelle 1)

Konzentration	Ameisensäure	Essigsäure	Propionsäure	Buttersäure	Valeriansäure
0,085 ml/l	40′ GS	—	—	—	—
0,0935 ml/l	30—35′	—	—	—	—
0,1020 ml/l	10 –12′	—	—	—	—
0,1188 ml/l		60′ GS	—	—	—
0,1275 ml/l	5′		—	—	—
0,1287 ml/l		90—120′	—	—	—
0,1386 ml/l		80—90′	—	—	—
0,1485 ml/l		50—90′	—	—	—
0,18 ml/l			300′ GS	—	—
0,19 ml/l			240—330′ 90 %	—	—
0,198 ml/l		20—30′		—	—
0,20 ml/l			90—230′	—	—
0,21 ml/l			60 –110′	—	—
0,22 ml/l			20—30′	—	—
0,24 ml/l				60′ GS	—
0,25 ml/l				120—240′	—
0,27 ml/l				60 –180′	—
0,28 ml/l					1440′ 5 %
0,29 ml/l					1200′ 75 %
0,30 ml/l					120—240′

Die normalen Tiere bewegen sich langsam und fast ausschließlich auf der Unterlage kriechend. Nur selten schwimmen sie unter Drehung um die Längsachse in freiem Wasser. An dieser Fortbewegungsweise ist bei dem durch Fettsäuren geschädigten Tier kaum eine Veränderung zu bemerken; es tritt nur eine allmähliche Verlangsamung ein. Nach einiger Zeit der Einwirkung von Fettsäuren beginnen sie sich zu kontrahieren, und zwar in den einzelnen Säuren in verschieden starkem Maße. Bei Ameisensäure ist die Kontraktion so stark, daß die Tiere eine Kugelform annehmen. Bei steigender C-Zahl der Säuren wird die Kontraktion geringer. Meistens platzt in diesem Stadium die kontraktile Vakuole. Diese Reaktion tritt jedoch nicht bei allen Tieren eines Versuches auf und liegt auch zeitlich verschieden. In dem kontrahierten Stadium findet keine Fortbewegung mehr statt.

Tabelle 3. Todeszeiten für *Spirostomum ambiguum* in verschiedenen Fettsäurekonzentrationen (vgl. Tabelle 1)

Konzentration	Ameisensäure	Essigsäure	Propionsäure	Buttersäure	Valeriansäure
0,085 ml/l	—	—	—	—	—
0,0935 ml/l	60—90′	—	—	—	—
0,102 ml/l	45′	—	—	—	—
0,1275 ml/l	30′	—	—	—	—
0,1287 ml/l		120′	—	—	—
0,1485 ml/l		60′	—	—	—
0,19 ml/l			240′ GS	—	—
0,198 ml/l		15—25′		—	—
0,20 ml/l			150—240′	—	—
0,21 ml/l			60—90′	—	—
0,22 ml/l			45′	—	—
0,25 ml/l				180—300′ 90 %	—
0,27 ml/l				150—180′	—
0,29 ml/l				45—90′	1200′
0,30 ml/l					180—300′
0,32 ml/l					50—90′

Nur die Cilien schlagen noch. Der Kern wird nicht sichtbar, da die Zelle normalerweise dicht mit Nahrungsvakuolen erfüllt ist.

Bei anhaltender Einwirkung von Fettsäure platzt die Pellicula an einer Stelle auf, und es quillt allmählich der Zellinhalt heraus. Der perlschnurförmige Kern ist dabei deutlich zu sehen. Bei Beginn dieses Vorganges lebt das Tier noch. Erst wenn ein großer Teil des Plasmas ausgetreten ist, hören die Cilien auf zu schlagen. Schon nach einigen Stunden ist von diesen Resten eines *Spirostomum* kaum noch etwas zu erkennen.

d) *Colpidium colpoda*

Dieser Ciliat ist keine typische Faulschlammform, kann aber zeitweise anaerob leben. Nach Angaben von LIEBMANN (1951) kann *Colpidium colpoda* in H_2S-haltigem Wasser leben. Es geht hier ein Symbiose mit Schwefelbakterien ein.

STAMMER (1953) und auch LIEBMANN (1936, zit. bei STAMMER) beobachteten bei Versuchen, daß *Colpidium colpoda* durch die Einwirkung von H_2S und NH_3 seine Form verändert: es erscheint langgestreckt, mit aufgetriebenen Enden. Die von STAMMER erwähnten Schädigungsphasen treten auch bei den Versuchen mit Fettsäuren auf.

Die normale Fortbewegungsart von *Colpidium colpoda* ist ein rasches Schwimmen in Schraubenlinie. Wird das Tier von Fettsäuren geschädigt, so führt es fast ausschließlich Kreisbewegungen durch, deren Mittelpunkt am hinteren Körperpol liegt. Die Drehrichtung ist dabei stets die gleiche. In diesem Anfangsstadium der Schädigung wird die schon in der Literatur erwähnte hantelförmige Gestalt beobachtet. Während sich die Tiere anfangs mit großer Geschwindigkeit drehten, werden später die Bewegungen immer langsamer, bis die Tiere schließlich zu Boden sinken, wo die Ortsbewegungen ganz aufhören. Die kontraktile Vakuole arbeitet nicht mehr. Nur die Cilien schlagen noch langsam, ihre wellenartige Bewegung ist gut zu erkennen. Der breit-ovale Kern ist in diesem Stadium deutlich sichtbar. Nun wird *Colpidium colpoda* kugelförmig. Die Cilien zerfallen einige Sekunden nach ihrem Stillstand (Tod des Tieres). Das Plasma wird undurchsichtig, der Kern ist nicht mehr deutlich zu sehen. Die toten Tiere schrumpfen und verlieren dabei die Kugelform.

Tabelle 4. Todeszeiten bei der Einwirkung verschiedener Fettsäurekonzentrationen auf *Colpidium colpoda* (vgl. Tabelle 1)

Konzentration	Ameisensäure	Essigsäure	Propionsäure	Buttersäure	Valeriansäure
0,085 ml/l	60′ 90 %	—	—	—	—
0,0935 ml/l	15′	—	—	—	—
0,102 ml/l	10′	—	—	—	—
0,1089 ml/l		60′ GS	—	—	—
0,1188 ml/l		60—90′	—	—	—
0,1275 ml/l	2′		—	—	—
0,1485 ml/l		20—30′	—	—	—
0,17 ml/l			20′ GS	—	—
0,18 ml/l			180—210′	—	—
0,19 ml/l			120—150′	—	—
0,198 ml/l		7′		—	—
0,20 ml/l			60—70′	—	—
0,22 ml/l				240′ GS	—
0,23 ml/l				240—480′ 30 %	—
0,24 ml/l				90—240′	—
0,25 ml/l				60—150′	—
0,27 ml/l				15—20′	300—540′ 75 %
0,28 ml/l					60—180′
0,29 ml/l					40—120′
0,30 ml/l					20′

4. Der Einfluß der Temperatur auf die toxische Wirkung von Fettsäuren

Zu diesen Versuchen wurde Valeriansäure als Prüfsubstanz verwendet.

Petrischalen wurden mit *Euplotes*- und *Paramecium*-Kulturen, die Valeriansäure in den Konzentrationen 0,3; 0,29 bzw. 0,28 ml/l enthielten, in Thermostaten gesetzt. Diese waren auf + 14 °C, + 20 °C und + 30 °C eingestellt. Es traten Temperaturschwankungen von ± 1 °C auf. Vorher wurden die Ciliatenkulturen bei Temperaturen zwischen + 18 °C und + 20 °C gehalten.

Aus Tabelle 5 ist zu erkennen, daß die hohe Temperatur von 30 °C die toxische Wirkung in jedem Fall erhöht. Außerdem zeigt es sich, daß die Tiere bei + 14 °C eher sterben als bei + 20 °C. Verschiedene Wirkungen bei unterschiedlichen Temperaturen können durch rein chemische Ursachen erklärt werden.

So schreibt Hartmann (1918), daß sich bei Erhöhung der Temperatur die Dissoziation von organischen Säuren steigert, da diese eine negative Dissoziationswärme haben. Gleichzeitig verstärkt sich die Ionenbeweglichkeit.

Größere Bedeutung scheint hier jedoch die Beeinflussung der Organismen durch die Temperatur zu haben.

Hartmann und Wertheimer (1924) haben festgestellt, daß höhere Temperaturen die Permeabilität von tierischen Membranen erhöhen. Außerdem steigt die Stoffwechselintensität bei Temperaturerhöhung, da die van t'Hoffsche Regel in gewissen Grenzen innerhalb des Organismus gilt.

Diese Erscheinungen machen es verständlich, daß die stärkste Wirkung der Säure bei + 30 °C liegt; jedoch nicht, daß sie bei + 20 °C am schwächsten ist.

Hierfür könnte folgende Überlegung als Erklärung gelten: Je weiter sich die Temperatur vom Optimum entfernt, um so ungünstiger sind die Lebensbedingungen für das Tier. Bei gleichzeitiger Gifteinwirkung ist es verständlich, daß die Tiere bei optimaler Temperatur am widerstandsfähigsten sind. Die optimale Temperatur der Versuchstiere liegt etwa bei + 20 °C. Bei dieser Temperatur wurden sie auch vorher gehalten. Hier ist die Giftwirkung am schwächsten.

5. Versuche über die Reversibilität der Schädigungen bei *Paramecium caudatum und Euplotes charon*

Wie vorstehend beschrieben, treten bei Einwirkung der Fettsäuren auf *Paramecium caudatum* und *Euplotes charon* bestimmte Schädigungsphasen auf. Um festzustellen, wie lange diese Schädigungen noch rückgängig zu machen sind, wurden folgende Versuche ausgeführt:

Es wurde nur eine Säure, und zwar Propionsäure, ausgewählt, da die Phasen der Schädigung bei allen fünf verwendeten Fettsäuren sehr ähnlich waren.

Während eines Versuches mit 0,2 ml/l Propionsäure wurden nach verschiedenen Zeiten jeweils 10 Tiere herausgenommen und nach einer Passage in Zuchtlösung ohne Propionsäure gespritzt. Dies geschah mit einer Pipette, die eine verhältnismäßig große Öffnung hatte, um eine mechanische Schädigung der Ciliaten zu vermeiden. Jeder Versuch wurde 3mal durchgeführt.

Paramecium caudatum

Von dem ersten Schädigungsgrad, der durch verlangsamtes Schwimmen angezeigt wird, erholen sich alle Tiere schon nach kurzer Zeit. Vollständige Erholung tritt auch noch bei der folgenden Schädigungsphase ein, während der die Ciliaten zu Boden sinken, die kontraktile Vakuole nur noch träge arbeitet, der Makronucleus sichtbar zu werden beginnt. Eine Änderung erfolgt jedoch, wenn man die Tiere noch länger in der Säurelösung beläßt und sie bei folgendem Schädigungsbild überträgt: Eine Bewegung der Paramecien ist kaum noch vorhanden, der Cilienschlag ist langsam, die kontraktilen Vakuolen entleeren sich nicht mehr, die Tiere sind gequollen, der Kern ist deutlich sichtbar. Hier erholen

Tabelle 5. Die toxische Wirkung verschiedener Valeriansäurekonzentrationen bei unterschiedlichen Temperaturen

Zeit der Einwirkung	Art	0,28 ml/l + 14 °C	+ 20 °C	+ 30 °C	0,29 ml/l + 14 °C	+ 20 °C	+ 30 °C	0,30 ml/l + 14 °C	+ 20 °C	+ 30 °C
1 Std.	*Paramecium caudatum*	nor.	nor.	ges.	ges.	nor.	ges. ≫ tot	ges. ≫ tot	ges.	ges. > tot
	Euplotes charon	nor.	nor.	nor.	nor.	nor.	ges.	ges.	ges.	ges.
$1^1/_2$ Std.	*Paramecium caudatum*	nor. — ges.	nor.	ges. ≫ tot	ges. > tot	ges. ≫ tot	ges. < tot	ges. < tot	ges. > tot	ges. < tot
	Euplotes charon	nor.	nor.	ges.	ges.	nor. = ges.	ges. ≫ tot	ges. ≫ tot	ges.	ges. > tot
3 Std.	*Paramecium caudatum*	ges. ≫ tot	nor.	tot	ges. = tot	ges. = tot	tot	tot	tot	tot
	Euplotes charon	ges.	nor.	ges. < tot	ges.	ges.	tot	tot	ges. < tot	tot
5 Std.	*Paramecium caudatum*	ges. < tot	nor.	tot	ges. ≪ tot	ges. ≪ tot	tot	tot	tot	tot
	Euplotes charon	ges. > tot	nor.	tot	ges. = tot	ges.	tot	tot	tot	tot
7 Std.	*Paramecium caudatum*	ges. < tot	nor.	tot	ges. ≪ tot	ges. ≪ tot	tot	tot	tot	tot
	Euplotes charon	ges. = tot	nor.	tot	ges. < tot	ges. ≫ tot	tot	tot	tot	tot
24 Std.	*Paramecium caudatum*	tot	nor.	tot	tot	tot	tot	tot	tot	tot
	Euplotes charon	tot	nor.	tot	tot	nor. = tot	tot	tot	tot	tot

nor. = normal
ges. = geschädigt

ges. ≫ tot = bedeutend mehr Versuchstiere geschädigt als tot
ges. > tot = mehr Versuchstiere geschädigt als tot
ges. = tot = gleich viele der Versuchstiere geschädigt und tot

Tabelle 6. Die letalen Dosen mit dem dazugehörigen pH-Wert für die geprüften Ciliaten

Art	Ameisensäure Konz. in ml/l 85 %ig	100 %ig	pH	Essigsäure Konz. in ml/l 99 %ig	100 %ig	pH	Propionsäure Konz. ml/l	pH	Buttersäure Konz. ml/l	pH	Valeriansäure Konz. ml/l	pH
Colpidium colpoda	0,1	0,085	4,9	0,12	0,119	5,0	0,18	5,3	0,24	5,3	0,27	5,3
Paramecium caudatum	0,11	0,094	4,7	0,13	0,129	4,9	0,19	5,1	0,25	5,1	0,29	5,0
Euplotes charon	0,11	0,094	4,7	0,13	0,129	4,9	0,19	5,1	0,25	5,1	0,29	5,0
Spirostomum ambiguum	0,11	0,094	4,7	0,13	0,129	4,9	0,20	5,0	0,25	5,1	0,29	5,0

sich noch 30 % der herausgenommenen Paramecien, 70 % sterben auch im giftfreien Kulturmedium, allerdings etwas später als in der Säurelösung.

Sind die Tiere soweit geschädigt, daß nur noch die Peristomcilien schlagen, so sterben sie alle auch nach Überführung in frische Zuchtlösung.

Euplotes charon

Die Reversibilität folgender Phasen wurde geprüft:

Die Tiere kriechen nur noch am Boden	— vollständige Erholung.
Die Cirren schlagen nur langsam, die kontraktile Vakuole ist vergrößert, der Kern wird deutlich	— bereits nach 1 Stunde sind alle Tiere wieder normal
Es findet keine Cirrenbewegung mehr statt, der Kern ist gut sichtbar, die kontraktile Vakuole ist stark vergrößert	— bei dieser starken Schädigung sterben die meisten Tiere auch in frischer Zuchtlösung. Doch einige Tiere (4 von 30) erholen sich auch hier noch.

Die durch Fettsäuren hervorgerufenen Schädigungen sind also in ziemlich hohem Maße reversibel, wenn die Tiere in normale Verhältnisse übertragen werden. Die Quellung bzw. Vergrößerung der kontraktilen Vakuole kann dadurch schnell rückgängig gemacht werden, daß die wieder einsetzende Pulsation das eingedrungene Wasser entfernt. Auch das Sichtbarwerden des Kerns ist anfangs bei beiden Ciliatenarten eine reversible Schädigung.

6. Diskussion der Ergebnisse

Für alle Versuchstiere wirkt die Ameisensäure am giftigsten. Es folgen die Fettsäuren in der Reihenfolge: Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure. Also nimmt mit steigendem Molekulargewicht die Giftigkeit ab (Abb. 1 und Tabelle 6).

Übereinstimmend ist bei allen Versuchstieren zu erkennen, daß die Ameisensäure nur über sehr kurze Zeit schädigend wirkt: 90 Minuten ist die längste Zeit, innerhalb der ihre Einwirkung zum Tod des Versuchstieres führt. Bei Verringerung der Konzentration um 0,0085 ml/l ist zwar ebenfalls nach kurzer Zeit eine Schädigung zu beobachten, diese klingt jedoch nach höchstens 2 Stunden wieder vollkommen ab, so daß an den Ciliaten keine toxische Veränderung mehr zu beobachten ist. Das ändert sich auch nicht, wenn die Tiere 7 Tage in dieser Säurelösung gehalten werden. Ameisensäure wirkt also je nach Konzentration sehr schnell oder gar nicht tödlich.

Die Essigsäure wirkt ähnlich. Die längste Todeszeit beträgt hier 120 Minuten.

Mit steigender C-Zahl der Säure nehmen dann die Zeiten der Schädigung, die schließlich zum Tod des Tieres führen, sehr stark zu. In einer Valeriansäurelösung sterben einige *Euplotes* erst nach 24 Stunden. Auch erholen sich geschädigte Tiere in diesen Säuren nur sehr langsam.

Weiterhin fällt an den Ergebnissen folgendes auf: Bei den höheren Fettsäuren treten in geringeren Konzentrationen große Differenzen zwischen den Todeszeiten der einzelnen Individuen eines Versuches auf. Die Ursache hierfür kann nicht auf erblichen Unterschieden beruhen, da sich alle Versuchstiere einer Art von einem Stammtier herleiten. Sie muß vielmehr in dem aktuellen physiologischen Zustand der einzelnen Tiere zu suchen sein.

Kaunat (1954) beobachtete bei seinen Versuchen über die Wirkung von Antibiotika auf *Paramecium caudatum* ebenfalls, daß bei niedrigen Konzentrationen die Schwankungen in der Lebensdauer der einzelnen Individuen sehr groß sind. Er führt dies auf einen besonderen physikalisch-chemischen Zustand der Zellmembran zurück. Die bei den Versuchstieren auftretenden Schädigungssymptome sind für die verschiedenen Säuren fast gleich.

Auch die Versuche von Stammer (1953) mit NH_3 und H_2S an *Paramecium caudatum* und *Colpidium colpoda* sowie zum Teil diejenigen mit Phenolen (Beer 1953) an *Paramecium caudatum* und *Spirostomum ambiguum* und diejenigen mit Detergenzien (Göbel 1957) und Antibiotika (Kaunat 1954) an *Paramecium caudatum* ergaben Schädigungsbilder, die den durch Fettsäure bewirkten sehr ähneln.

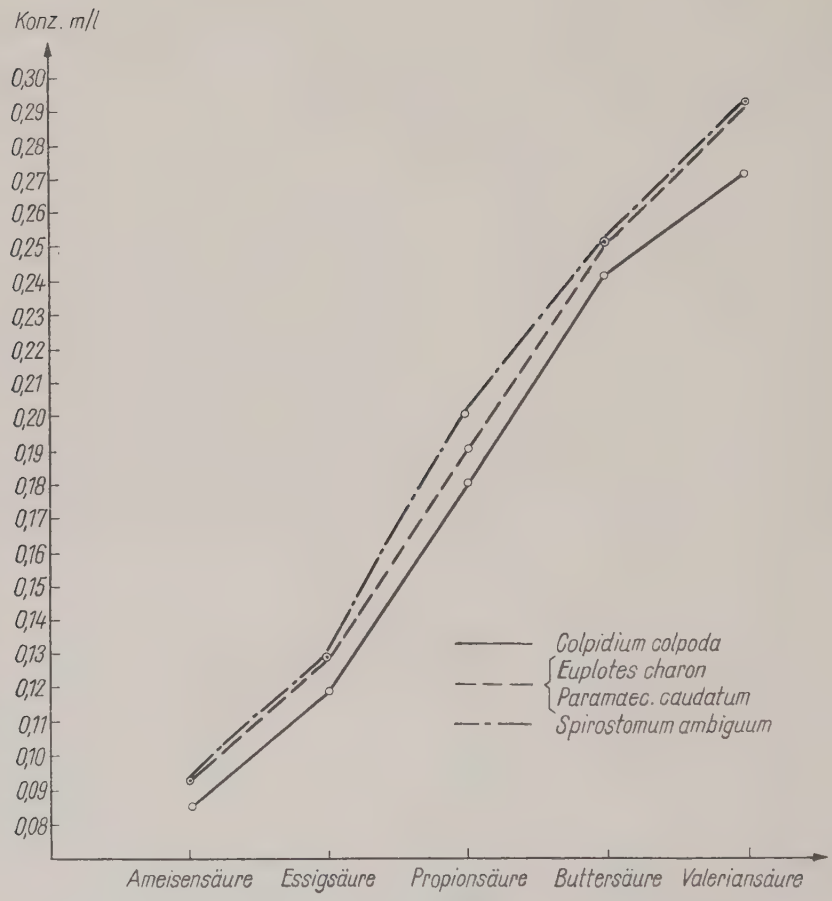


Abb. 1. Die letalen Dosen der einzelnen Fettsäuren für die geprüften Ciliaten.

Daraus ist zu erkennen, daß die geprüften Fettsäuren bei den Versuchstieren keine spezifischen Reaktionen auslösen.

Die erste Schädigung ist bei allen Ciliaten am Bewegungsapparat zu beobachten. Fast gleichzeitig werden die kontraktilen Vakuolen geschädigt. Sie arbeiten immer träger, bis sie schließlich ganz aussetzen. GÖBEL (1957) nahm an, daß diese Erscheinung darauf zurückzuführen sei, daß durch die Zerstörung der Pellicula der Gasaustausch verhindert wird und deshalb in der Zelle ein O_2-Mangel eintritt.

Ein weiteres typisches Schädigungssymptom ist die Quellung des Tieres. Sie wird besonders bei *Paramecium caudatum*, in geringerem Maße auch bei *Colpidium colpoda* deutlich. Diese Quellung sowie das Austreten von Hyaloplasma sind besonders für die geprüften höheren Fettsäuren typisch. Bei diesen Unterschieden zwischen den einzelnen Säuren spielt offensichtlich der Zeitraum der schädigenden Wirkung der Säuren eine Rolle. Ameisen- und Essigsäure wirken nach relativ kurzer Zeit wahrscheinlich fixierend auf die Pellicula und verhindern somit das weitere Eindringen von Wasser in die Zelle. Die übrigen Säuren bewirken nur eine allmähliche Zerstörung der Pellicula, durch die aber noch Wasser eindringen kann. Da die pulsierende Vakuole nur noch sehr langsam arbeitet, kann sie das eingedrungene Wasser nicht mehr aus der Zelle entfernen. Das Tier quillt auf.

Die Pellicula kann sich bis zu einem gewissen Grade plastisch verformen; wenn sich der Innendruck jedoch immer mehr erhöht, wird die Grenze der Plastizität überschritten und sie reißt an einzelnen Stellen auf. Die austretenden hyalinen Plasmatropfen schaffen einen Druckausgleich.

Hohe Konzentrationen von Ameisen- und Essigsäure bewirken bei *Paramecium caudatum* ein Ausschleudern der Trichocysten.

Nach Wohlfahrt-Bottermann (1953) kann jeder Reiz von genügender Stärke die Ausschleuderung der Trichocysten herbeiführen.

Euplotes charon besitzt eine starre panzerartige Pellicula (Liebmann 1951). Deshalb quillt hier nicht die ganze Zelle auf, sondern es vergrößert sich die kontraktile Vakuole. Dies geschah in besonders hohem Maße bei Propion-, Butter- und Valeriansäure. Bei den übrigen drei Ciliatenarten konnte nur eine geringe Vergrößerung der kontraktilen Vakuolen beobachtet werden.

Die an *Colpidium colpoda* nach der Einwirkung der Fäulnisgifte NH_3 und H_2S beobachtete gestreckte, vorn und hinten aufgetriebene Form (Liebmann 1951, Stammer 1953) konnte auch bei Fettsäuren festgestellt werden. Sie trat aber nicht bei allen Versuchstieren auf. Die Verformung ist reversibel. Dagegen führt das folgende, bei allen Tieren auftretende Schädigungsstadium, die Abkugelung, stets zum Tod des Tieres. Zu dieser kugelförmigen Gestalt besteht kein allmählicher Übergang, sie tritt plötzlich auf, dabei erhöht sich das Volumen nicht. Es ist also keine Quellung.

Für alle geprüften Ciliaten ist bei Schädigung durch Fettsäuren das deutliche Hervortreten des Makronucleus charakteristisch. Das ist schon lange bekannt.

Hertwig (1924) rät, um in einer lebenden Zelle den Kern, der meist die gleiche Lichtbrechung wie das Protoplasma hat, unterscheiden zu können, einen Zusatz von 2%iger Essigsäure. Er begründet dies damit, daß die Kernsubstanz in Essigsäure eine größere Gerinnungsfähigkeit zeigt, als das Protoplasma. Van Herwerden (1926) führt diese Erscheinung darauf zurück, daß sich die Mizellen zur Gelstruktur umlagern. Diese Gelstruktur ist noch reversibel. Sie ist jedoch das Anfangsstadium der Koagulation, die nicht mehr reversibel ist. Diese führt infolge lokaler Entladungen und Dehydratationen zur Ausflockung des Eiweißes (Fixierung).

Eine Bestätigung dafür sind die beschriebenen Versuche über die Reversibilität. Sie zeigten, daß das Sichtbarwerden des Kernes anfangs noch rückgängig zu machen ist.

Noch deutlicher tritt der Makronucleus hervor, wenn *Paramecium caudatum* nach Anfärbung mit dem Vitalfarbstoff Neutralrot Fettsäuren ausgesetzt wird. Nach kurzer Zeit hebt sich der Kern durch intensive Rotfärbung von dem übrigen Plasma ab. Dasselbe erreichte Gersch (1936) in O_2-armem Wasser ohne Einwirkung von Fettsäure. Da jedoch durch den Vitalfarbstoff eine zusätzliche Schädigung des Tieres eintreten kann (Gersch 1936), ist für Toxizitätsversuche eine Vitalfärbung der Versuchstiere ungeeignet.

Der Zeitpunkt des Todes ist nicht immer sicher festzustellen. Kaunat (1954) bezeichnet die Einstellung der Cilientätigkeit als Charakteristikum des Zelltodes. Nikinsky und Mudrezowa-Wyss (1930) werten den Cilienschlag als Kriterium für das Leben des Tieres. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde das völlige Aussetzen der Cilientätigkeit und der sehr kurze Zeit danach folgende Zerfall der Cilien als Tod des Tieres notiert.

Vergleicht man die Widerstandsfähigkeit der vier Ciliatenarten gegenüber den Fettsäuren miteinander, so läßt sich folgende Reihe aufstellen:

Spirostomum ambiguum > *Euplotes charon* > *Paramecium caudatum* > *Colpidium colpoda.*

Aus dieser Reihenfolge geht hervor, daß keine Übereinstimmung zwischen der Widerstandsfähigkeit gegenüber Fettsäuren und der Stellung dieser Leitformen im Saprobiesystem nach Liebmann besteht. Eine Aussage darüber, ob überhaupt die Leitformen des stark verunreinigten Wassers den Fettsäuren größere Resistenz entgegenzusetzen haben als die des sauberen oder nicht, kann infolge des geringen Materials nicht gemacht werden.

Stammer (1953) und auch Nikinsky u. Mudrezowa-Wyss (1930) benutzten eine größere Artenzahl und konnten feststellen, daß im Durchschnitt polysaprobe Leitformen widerstands-

fähiger gegenüber den Fäulnisgiften NH_3, H_2S und CO_2 sind, als Formen des reineren Wassers. Im einzelnen konnte z. B. bei den Versuchen von NIKINSKY u. MUDREZOWA-WYSS *Colpidium colpoda* hohe CO_2- und H_2S-Konzentration kürzere Zeit ertragen als *Paramecium caudatum* und *Spirostomum ambiguum*. Auch bei Versuchen von STAMMER erwies sich *Colpidium colpoda* gegenüber H_2S empfindlicher als *Paramecium caudatum*. Mit *Euplotes charon* wurden leider keine vergleichenden Untersuchungen durchgeführt.

Colpidium colpoda war in meinen Kulturen der kleinste verwendete Ciliat. Er erreichte höchstens zwei Drittel der Größe eines *Paramecium caudatum*. Dadurch ist die Oberfläche, an der das Gift angreifen kann, im Verhältnis zum Volumen des Tieres bei *Colpidium colpoda* am größten. Während bei den Versuchen mit dieser Art die Veränderung der Körperform für eine große Elastizität der Pellicula spricht, ist diejenige von *Euplotes charon* starr und panzerartig. Wahrscheinlich wird hier dem Durchtritt der Fettsäure mehr Widerstand entgegengesetzt.

LIEBMANN (1951) bezeichnet *Spirostomum ambiguum* als widerstandsfähig gegenüber pH-Schwankungen. O_2-Schwund vermag es jedoch nicht zu ertragen (deshalb α-mesosaprob).

Wodurch wirken die Fettsäuren toxisch?

Für die Giftigkeit eines Stoffes ist in hohem Maße seine Diffusionsgröße, das heißt die Geschwindigkeit, mit der er in die Zelle eindringt, bestimmend. Die Durchtrittsgeschwindigkeit ist einmal von der Oberflächenaktivität eines Giftes abhängig (TRAUBE u. SOMOGYI 1921). Sie bedingt eine größere Konzentration der gelösten Stoffe an der Phasengrenzfläche. Zum anderen, und das scheint nach TRAUBE u. SOMOGYI der wesentliche Faktor zu sein, ist die Größe der Adsorption wichtig. Die geprüften Fettsäuren haben einen sehr hohen Adsorptionskoeffizienten. Buttersäure steht dabei noch vor Propion- und Essigsäure, alle drei stehen jedoch weit vor Schwefelsäure.

Ein Gift kann schneller in die Zelle eindringen, wenn es auflösend auf die Lipoidbestandteile der Plasmahaut wirkt (VERNON 1913).

Ist der giftige Stoff in die Zelle eingedrungen, kann er die Hydratation der Plasmakolloide stören. Sowohl eine starke Quellung als auch eine Entquellung bedeuten den Tod des Lebewesens (EISENBERG 1918). Ein Stoff ist also um so toxischer, je quellender oder entquellender er wirkt. SOMOGYI (1921) stellte fest, daß Ameisensäure vor Essigsäure eine stark quellende Wirkung hat.

Sehr umstritten ist die Frage, ob der Dissoziationsgrad der Fettsäuren Einfluß auf die Toxizität hat.

Bei den Versuchen von TRAUBE u. SOMOGYI (1921) an Bakterien, von HARTMANN (1918) an *Bosmina longispina* und von ROST (1917) an Kaulquappen ging die Giftigkeit der Fettsäuren nicht parallel der Dissoziationsgröße. Zum Vergleich nahm man anorganische Säuren. Diese zeigten bei weitaus stärkerer H-Ionenkonzentration nur gleiche oder sogar schwächere Wirkung als organische Säuren. WERTHEIMER (1924) stellte fest, daß durch die ungeschädigte Froschhaut keine stark dissoziierten anorganischen, sondern nur die schwach dissoziierten organischen Säuren hindurchgehen.

Man nimmt deshalb an, daß nicht Ionen, sondern nur die undissoziierten Moleküle eindringen. Jedoch sind organische Säuren auf Grund der verschiedenen Wirkungsweisen (HARTMANN 1918) nicht mit anorganischen zu vergleichen. Vergleicht man dagegen die Fettsäuren, die sehr gleichartig wirken, untereinander, so ist stets die Ameisensäure, die auch am stärksten dissoziiert ist, am giftigsten. Bei den anderen Säuren nimmt die Giftigkeit im wesentlichen mit der Dissoziationsstärke ab. Meine Versuche zeigen dies in typischer Weise. Die Valeriansäure, die schwächste verwendete Säure, wirkt auch bei allen Versuchstieren am wenigsten toxisch.

Auch SGALITZER (1914) stellte fest, daß organische Säuren in verschiedenen Konzentrationen, die jedoch alle dieselben H-Ionenkonzentrationen aufweisen, ein Agglutinationsmaximum bei Typhuskeimen hervorrufen. Er folgerte daraus, daß nur die H-Ionenkonzentration als Wirkungsfaktor in Betracht zu ziehen ist.

Die H-Ionenkonzentrationen der für die untersuchten Ciliaten letalen Dosen der einzelnen Fettsäuren sind bei meinen Versuchen annähernd gleich (siehe Tabelle 6). Daraus ist zu entnehmen, daß dem Dissoziationsgrad bei gleicher physiologischer Wirkungsweise der Säuren eine gewisse Bedeutung zukommt.

Abschließend ist zu sagen, daß die aufgeführten Fettsäuren für die untersuchten Organismen sehr giftig wirken. Infolge der hohen Fettsäurekonzentrationen in gewissen Industrieabwässern können diese durchaus als ökologischer Faktor auftreten.

Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß die Fettsäuren hier meist in abgebundener Form vorliegen. Inwieweit diesen Salzen der Fettsäuren noch toxische Wirkung zukommt, ist noch zu klären.

7. Zusammenfassung

Es wurde die toxische Wirkung von Ameisensäure, Essigsäure, iso-Buttersäure und iso-Valeriansäure auf folgende Tierarten geprüft: *Paramecium caudatum*, *Euplotes charon*, *Spirostomum ambiguum*, *Colpidium colpoda*.

Dabei konnte eine eindeutige Abhängigkeit der Giftwirkung von der Konzentration der Säuren festgestellt werden.

Die toxische Wirkung nimmt mit steigender C-Zahl und somit mit sinkendem Dissoziationsgrad der Säure ab.

Die niedrigen Fettsäuren wirken schnell, eine Schädigung durch Dauereinwirkung findet bei ihnen nicht statt. Mit steigender C-Zahl der Säuren verlängern sich die Todeszeiten.

Es besteht eine Abhängigkeit der Toxizität der Fettsäuren von der Temperatur. Bei der höchsten angewandten Temperatur ist die Giftwirkung am stärksten, bei der mittleren Temperatur (Optimumtemperatur) am schwächsten.

Die durch die angewandten Fettsäuren auftretenden Schädigungen sind bis zu einem gewissen Grade reversibel.

Eine Übereinstimmung zwischen der Stellung der Leitformen im Saprobiesystem von Liebmann und ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Fettsäuren konnte nicht festgestellt werden.

8. Literatur

Andrejewa, E. W., 1931: Zur Frage über die physikalisch-chemische Bestimmung der Korrelation einiger physiologischer Prozesse bei *Paramecium caudatum*. Arch. Protistenkde. **73**, 346.

Beer, W.-D., 1953: Über den Einfluß des Phenolgehaltes des Pleißewassers auf die Mikrolebewelt. Diplomarbeit Leipzig.

Bokorny, Th., 1911: Versuche über die Giftigkeit von Fettsäuren und anderen Zersetzungsprodukten der Fette. Chemikerzeitung **35**, 630.

Christ, W., 1953: Untersuchungen über die Reinigung von Fettsäure-Syntheseabwässern auf vorflutgerechte Beschaffenheit mittels Turmtropfkörper und Belebungsverfahren. Mittlg. Inst. Wasserwirtschaft.

Eisenberg, 1918: Untersuchungen über spezifische Desinfektionsvorgänge. Zbl. Bakt., Parasitenk. u. Infektionskrankh. **82**, 69.

Gersch, M., 1936: Biologische Untersuchungen an *Paramecium*. Der Biologe 1936, 306, München.

Göbel, M., 1957: Über die Wirkung von Detergenzien auf *Paramecium caudatum*, *Actinosphaerium eichhorni*, *Stentor coeruleus* und *Amöba proteus*. Diplomarbeit Leipzig.

Hartmann, O., 1918: Über den Einfluß von Temperatur und Konzentration auf Giftigkeit von Lösungen, besonders von Elektrolyten. Pflügers Arch. ges. Physiol. **170**, 595.

Hertwig, R., 1924: Lehrbuch der Zoologie. 14. Aufl., 56, Jena.

Van Herwerden, M. A., 1926: Umkehrbare Gelbildungen und histologische Fixierung. Protoplasma **1**, 27, Leipzig.

Jennings, H. S., 1914: Die niederen Organismen. Berlin u. Leipzig.

Kahl, A., 1935: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). Aus: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile, Jena.

Kaunat, H., 1954: Wirkung von Antibiotika auf *Paramecium caudatum*. Diss. Rostock.

Kolkwitz, R., u. Marsson, M., 1909: Ökologie der tierischen Saprobien. Int. Revue ges. Hydrobiol. **2**, 126.
Kräger, F., 1930: Untersuchungen über den Bau und die Funktion der Trichocysten von *Paramecium caudatum*. Arch. Protistenkde. **72**, 91.
Labes, 1922: Über die Steigerung der Schnelligkeit und Intensität der Giftwirkung. Biochem. Zschr. **130**, 14.
Liebmann, H., 1947: Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobiensystems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung. Gesundheitsingenieur **68**, 33.
— 1951: Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie. Bd. 1, Verlag Oldenbourg, München.
Mannes, 1944: Über die Nebenprodukte der Paraffinoxydation. Die Chemie **57**, 1/2, 9.
Meissner, 1954: Zusammensetzung der Starkwässer der Schwelereien, Gas- und Hydrierwerke. Wasserwirtschaft-Wassertechnik **4**, 218 u. 54.
Nikinsky, J., u. Mudrezowa-Wyss, Fr. K., 1930: Über die Wirkung der Kohlensäure, des H_2S, des Methans und der Abwesenheit des Sauerstoffes auf Wasserorganismen. Zbl. Bakt., Parasitenkde, Infektionskrankh. 2. Abt., **81**, 167.
Rost, 1917: Vergleichende pharmakologische Untersuchungen einiger organischer und anorganischer Säuren. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte **50**, 405.
Sgalitzer, M., 1914: Über Säureagglutination. Zschr. Hyg. Infektionskrankh. **76**, 209.
Stammer, H. A., 1953: Der Einfluß von H_2S und NH_3 auf tierische Leitformen des Saprobiesystems. Vom Wasser **10**.
Traube, H., u. Somogyi, R., 1921: Zur Theorie der Desinfektion. Biochem Zschr. **120**, 90.
Vernon, H. M., 1913: Die Rolle der Oberflächenspannung und der Lipoide für die lebende Zelle. Biochem. Zschr. **51**, 18.
Wertheimer, 1924: Über die Permeabilität von Säuren und Basen, Einfluß der Temperatur auf die Permeabilität. Pflügers Arch. ges. Physiol. **203**, 542.
Wohlfahrt-Bottermann, K. E., 1953: Experimentelle und elektronenoptische Untersuchungen zur Funktion der Trichocysten von *Paramecium caudatum*. Arch. Protistenkde. **98**, 169.
Wolmer, C., 1949: Phenole und flüchtige Fettsäuren abbauende Mikroben. Zschr. Hyg. u. Infektionskrankh. **129**, 643.

Dipl.-Biol. Gisela Schuster,
Magdeburg,
Domplatz 1,
Wasserwirtschaftsdirektion

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	105—114

Günther Sterba

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig

ZUR PHYLOGENESE DES KIEMENDARMES DER CHORDATEN

Herrn Prof. Dr. A. Wetzel mit dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung und in Dankbarkeit zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Tunikaten 105
2. Akranier 107
3. Zyklostomen 107
   a) Funktionsmorphologie des larvalen Neunaugenkiemendarmes 108
   b) Funktionsmorphologie des imaginalen Neunaugenkiemendarmes 110
4. Zur Bedeutung des Kiemendarmes in der Phylogenese der Chordaten 111
5. Zusammenfassung 113
6. Literatur 113

Die Untersuchungen von E. und B. Werner (1954), B. Werner (1959), Sterba (1953), Schroll (1957, 1959) u. a. über den Kiemendarm der Tunikaten, der Akranier und Hemikranioten haben zu befriedigenden konstruktionsmorphologischen Vorstellungen über den primären Chordatenkiemendarm geführt. Als primärer Chordatenkiemendarm wird in diesem Zusammenhang der Reusendarm der niederen Chordaten dem sekundären Kiemendarm oder Atmungsdarm der aquatilen Anamnier gegenübergestellt. Im einzelnen lassen sich zunächst für den Reusendarm der genannten Organisationstypen kurz folgende Besonderheiten herausstellen:

1. Tunikaten

Die Tunikaten sind nach B. Werner (1959) innere Schleimfiltrierer.

Ursprünglich im phylogenetischen Sinne ist die Organisation des Reusendarmes bei Aszidien, sekundär abgeändert der Reusendarm der Salpen und Appendikularien. Nach MacGinitie (1939), Millar (1953), E. und B. Werner (1954), B. Werner (1959) wird bei Aszidien vom Endostyl ein endloses beutelförmiges Schleimfilter gebildet. Das Endostyl scheidet seinem bilateralsymmetrischem Aufbau entsprechend rechts und links sehr zarte Schleimgewebe ab, die beidseitig an der Wandung des siebartig durchbrochenen Kiemendarmes vielfach auf besonderen Wanddifferenzierungen durch Wimperzellen hochgeschoben, im Dorsalorgan eingerollt und als Nahrungswulst in den Darm befördert werden (Abb. 1).

Die Vorderkanten der beiden Teile des Kiemenschleimfilters werden durch den rechten und linken Flimmerbogen fixiert. Das mit Hilfe der Tentakelreuse vorgesiebte Wasser gelangt in den Kiemendarm. Da die hydrokinetisch wirksamen Flimmerzellgruppen an den Kiemenspalten selbst angeordnet sind, wird das Wasser aus dem Kiemendarm durch den Schleimfilter gesogen und dabei die suspendierte Nahrungsmasse gebunden. Durch den oben angeführten kontinuierlichen Transport des Schleimfilters nach dorsal gelangen die gebundenen Partikel schließlich in den Darm (Abb. 2). Eine Nahrungswahl findet nicht statt. Nach Jørgensen (1949) entspricht die Filtrationsleistung der Aszidien etwa

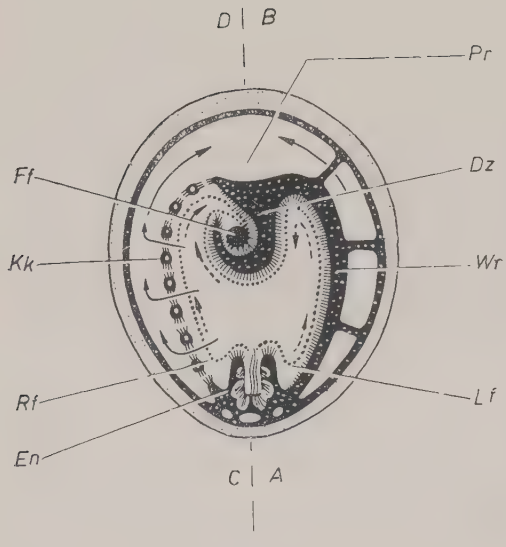


Abb. 1

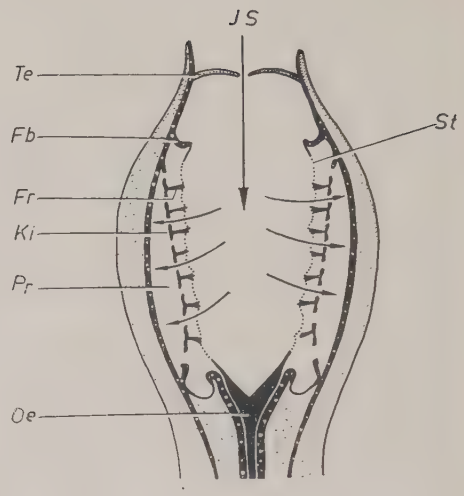


Abb. 2

Abb. 1. Schematischer Querschnitt durch die Reusendarmregion von *Clavelina lepadiformis*, kombiniert aus je einer Hälfte der Querschnitte AB und CD; nach E. und B. WERNER (umgezeichnet). *DZ* Zunge der Dorsalfalte; *En* Endostyl; *Ff* Futterfaden; *Kk* Kiemenkorb mit Kiemenspalten; *Lf* linkes Schleimfilter; *Pr* Peribranchialraum; *Rf* rechtes Schleimfilter; *Wr* Flimmerreifen.

Abb. 2. Schematischer Frontalschnitt durch die Reusendarmregion von *Clavelina lepadiformis*; nach E. und B. WERNER (umgezeichnet). *Fb* Flimmerbogen; *Fr* Flimmerreifen; *IS* Ingestionsstrom; *Ki* Kieme; *Oe* Oesophagus; *Pr* Peribranchialraum; *St* Schleimtrichter; *Te* Tentakel.

den entsprechenden Filtrationsleistungen anderer Wasserstromfiltrierer. Durch spontane, rhythmische Kontraktionen des Kiemendarmes kann der Filtrationsprozeß unterbrochen werden.

Für die Salpen haben vor allem FEDELE (1923, 1933) und CARLISLE (1950) ein gleiches Filterprinzip nachgewiesen. Allerdings wird hier im Gegensatz zu den Aszidien die Wasserströmung durch die Ringmuskulatur erzeugt (Abb. 3). Aber auch die Kopelaten haben wie bereits FOL (1872) andeutet, trotz der Entwicklung einer regelmäßig erneuerten Mantelreuse den Schleimfilter in vereinfachter Form beibehalten.

Weniger deutlich ist bislang die Atmungsgröße des Tunikaten-Kiemendarmes definiert worden. Ganz abgesehen von methodischen Schwierigkeiten ist diese Situation nicht zuletzt auf die Tatsache zurückzuführen, daß in der Regel die Funktion des Kiemendarmes der höheren aquatilen Anamnier übertragen wird. Obwohl sich eine solche Funktionsgleichheit, eventuell in abgestufter Intensität, anbietet, ist sie nicht so überzeugend, daß sie andere Auffassungen ausschließt.

Ohne Zweifel findet an den Oberflächen des Tunikaten-Reusendarmes ein Gaswechsel statt, als wesentlich wird hier aber die Frage erachtet, ob der Reusendarm der Tunikaten auch als spezialisiertes Atmungsorgan im Sinne des Kiemendarmes der Fische aufgefaßt werden kann.

Da experimentelle Untersuchungen mit dieser speziellen Problemstellung mir nicht bekannt sind, soll die aufgeworfene Frage nur mit den Hinweisen verbunden werden, daß bei den filtrierenden Neunaugenlarven die Reusendarmatmung sehr gering ist und weiterhin folgende Umstände bei Tunikaten andeuten, daß hier ähnliche Verhältnisse vorliegen:

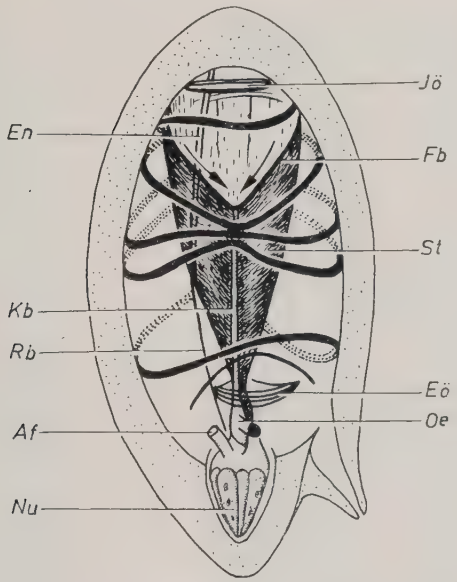


Abb. 3. Schematische Darstellung des Schleimfilters von *Salpa democratica*; nach E. und B. Werner (umgezeichnet). *Af* After; *En* Endostyl; *Eö* Egestionsöffnung; *Fb* Flimmerbogen; *Iö* Ingestionsöffnung; *Kb* Kiemenbalken; *Nu* Eingeweidenukleus; *Oe* Oesophagus; *Rb* Retropharyngealband; *St* Schleimtrichter.

a) Die bei den zahlreichen Arten recht mannigfaltigen Formen der Oberflächenvergrößerung des Tunikaten-Reusendarmes einerseits, sowie die strukturellen Reduktionen andererseits, zeigen keine bestimmten Relationen zur Tiergröße bzw. zum Gesamtvolumen.
b) Die endogenen Transportmechanismen, das heißt das Kreislaufsystem der Tunikaten, sind sehr primitiv differenziert.
c) Die Gesamtheit der Körperoberflächen stehen in der Regel im günstigen Verhältnis zur Stoffwechselgröße, die wie bei allen Filtrierern gering ist.

2. Akranier

Über die Funktion des primären Kiemendarmes der Akranier liegen keine modernen Untersuchungen vor. Nach Orton (1913) wirken die Lateralzilien der Kiemenbögen im Zusammenhang mit dem Räderorgan hydrokinetisch. Die aus dem Endostyl stammenden Schleimsubstanzen werden an der Innenseite der Kiemenbögen dorsalwärts bis zur Epibranchialrinne und von hier in den Darm transportiert. Die suspendierten Nahrungsteilchen werden mit Hilfe der Schleimsubstanz gebunden. Nach B. Werner (1959) dienen die Mundcirren als Vorfilter. Schroll (1959) stellt bei *Branchiostoma lanceolatum* fest, daß die Nahrung hauptsächlich aus Kieselalgen besteht. Mit Werner (1959) kann hier betont werden, daß die Akranier ohne jeden Zweifel echte Schleimfiltrierer sind und vermutlich wie die Tunikaten und Petromyzonten endlose Schleimfilter bilden.

Romer (1959) deutet an, daß die Kiemen von *Branchiostoma* mehr der Nahrungsaufnahme denn der Atmung dienen.

3. Zyklostomen

Während die Petromyzonten in vielen morphologischen und physiologischen Merkmalen die ursprünglichen Chordatenmerkmale bewahrt haben, zeigen die Myxiniden

starke Spezialisierungen, die besonders durch die direkte Entwicklung demonstriert werden. Für die vorliegenden vergleichenden Betrachtungen sind deshalb ausschließlich die Petromyzonten geeignet. Der Kiemendarm der Neunaugenlarven ist nach Sterba (1953) ein Reusendarm der trotz anatomischer und physiologischer Vervollkommnung die typischen Merkmale des primären Chordatenkiemendarmes deutlich erkennen läßt. Dagegen entspricht der Kiemendarm der imaginalen Neunaugen sowohl morphologisch als auch physiologisch vollkommen dem sekundären Kiemendarm der primär aquatilen Wirbeltiere. Die sich aus diesen Verhältnissen anbietenden Rückschlüsse sind weiter unten dargestellt.

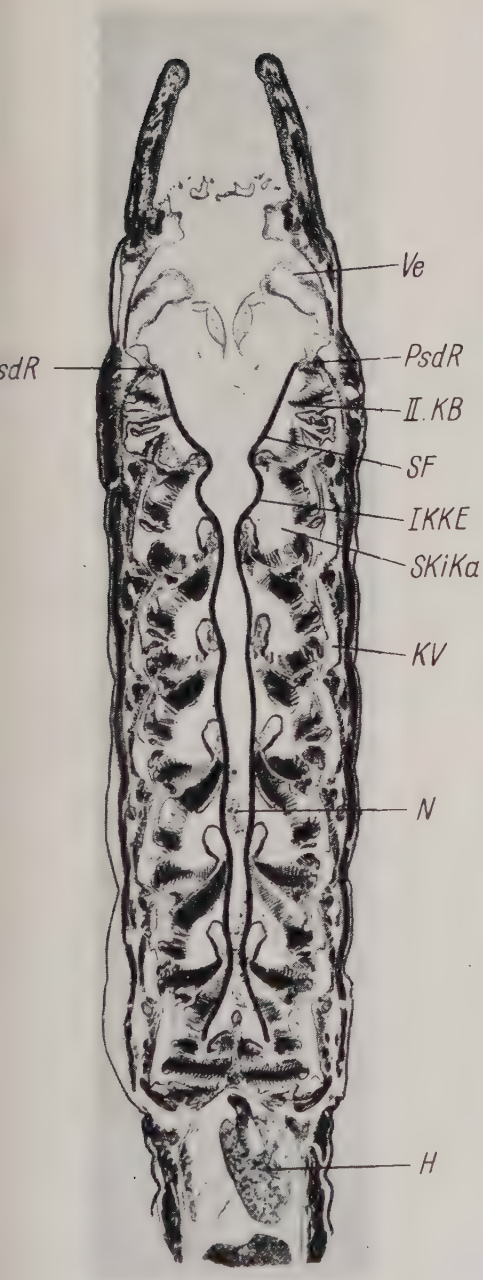
a) Funktionsmorphologie des larvalen Neunaugenkiemendarmes

Die Kiemenbögen III -VIII der Neunaugenlarven bestehen nach Rauther (1924), Sakwarelidse (1928), Sterba (1953) u. a. aus einer Kiemenbogenplatte, einer Verbindungsmembran und einem Kiementräger (Abb. 4). Die breiten Kiementräger benachbarter Kiemenbögen greifen übereinander und verlegen so den Weg zu den Kiemenspalten (über Einzelheiten der Genese siehe Sterba [1953]). Das durch Velumschlag, Flimmerbänder des Kiemendarmes und Kiemenkorbpulsationen eingesogene Wasser wird mit Hilfe der Mundcirren vorfiltriert und dann aus den becherförmigen Kiemenkammern durch die dichtstehenden Kiemenelemente in die Kiemenvorkammern gedrückt und dabei filtriert (Sterba 1953). Aus den Kiemenvorkammern wird das Wasser nach außen abgegeben.

Im Vergleich zu den Tunikaten und Akraniern interessiert dabei die Frage, ob auch bei dem Filterprozeß der Neunaugenlarven Schleimsubstanzen maßgeblich beteiligt sind. Bereits 1928 beobachtete Kieckebusch in den Kiemenkammern Schleimstränge mit anhaftenden Nahrungsteilchen, die ventral gleiten und sich zu einem Hauptstrang vereinigen. Der entstehende Nahrungszylinder wird kontinuierlich in der Ösophagus eingeschoben. Das Schleimsekret sollte nach Sterba (1953) vorwiegend aus mukösen Drüsen der Hyoidbogenregion stammen, Die Sekrete des histologisch eingehend untersuchten, besonders kompliziert gebauten Endostyls sollten dagegen in erster Linie dem Röhrenbau dienen. Neuere experimentelle Untersuchungen mit Hilfe direkt in das Endostyl injizierter Substanzen (Karmin, Filterkohle, Kieselgur) zeigten, daß auch das Endostyl der Neunaugenlarven Schleimsubstanzen in den Kiemendarm abgibt. Ja, die laufenden Versuche deuten darauf hin, daß sogar wie bei den Tunikaten ein beutelförmiges Schleimfilter gebildet wird, das auf den Wänden des Kiemendarmes mit Hilfe spezialisierter Flimmerzellbänder von vorn nach hinten entlanggleitet (Abb. 4).

Die im Endostyl produzierten Schleimsubstanzen gelangen über den Ductus hypobranchialis in die Pseudobranchialrinnen (Abb. 5), die im Kiemendarm ventral nach vorn verlaufen, in Höhe des III. Kiemenbogens divergieren, dem Zungenbeinbogen (II) nach dorsal folgen und sich dorsal erneut treffen. Das Sekret wird besonders in den aufsteigenden Teilen des Rinnensystems ausgestoßen und bildet vermutlich einen beutelförmigen Filter, der auf den oben angeführten Flimmerbändern transportiert wird. Gegenüber den Tunikaten bestehen nur insofern Unterschiede als dieser Filter nicht dorsal eingerollt, sondern kaudal kontrahiert wird. Dagegen bestehen hinsichtlich der vorderen Befestigung des Filters zwischen beiden Gruppen kaum Unterschiede. Es ist sogar durchaus wahrscheinlich, daß die Tunikaten-Flimmerbögen den aufsteigenden Abschnitten des Hypobranchialrinnensystems der Neunaugen entsprechen.

Schroll (1957, 1959) vermutet eine selektive Nahrungswahl, zumindest eine selektive Agglutination verschiedener Diatomeenarten. Diese Beobachtung läßt sich mit einem endlosen beutelförmigen Schleimfilter nur schwer vereinigen. Manche der von Schroll mitgeteilten Untersuchungsergebnisse könnten auf Intensitätsschwankungen im Filterprozeß, wie sie auch für Tunikaten (Fol 1876, Carlisle 1950, E. und B. Werner 1954)



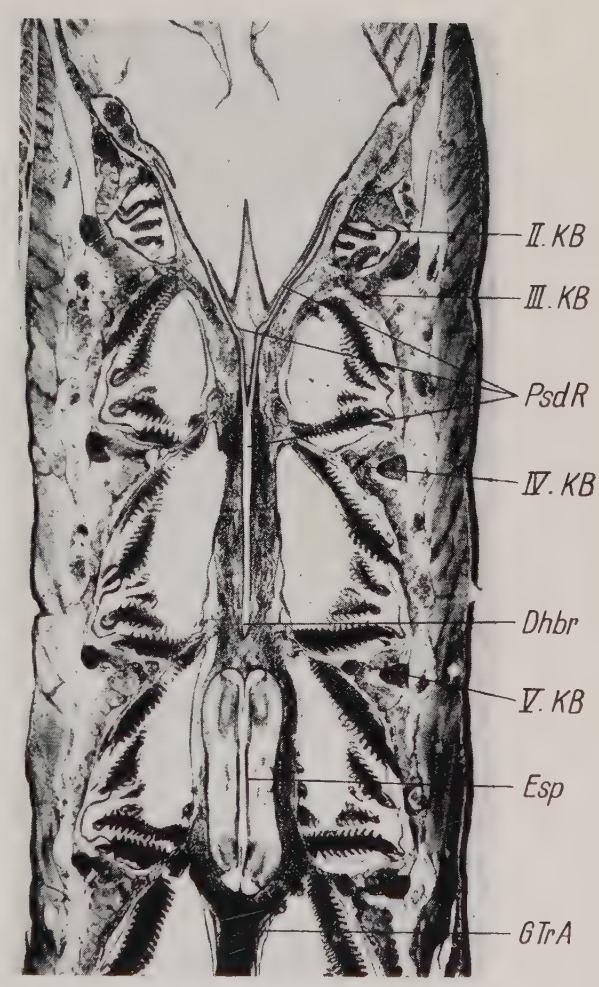


Abb. 5. Flachschnitt durch den Kiemendarm einer 86 mm langen Bachneunaugenlarve in Höhe des Ductus hypobranchialis. Deutlich ist das Auseinanderweichen der beiden Pseudobranchialrinnen zu erkennen. *Dhbr* Ductus hypobranchialis; *ESp* Spirale des Endostyls; *GTrA* Gabelung des Truncus arteriosus; *II.—III.—IV.—V. KB* II.—III.—IV.—V. Kiemenbogen; *PsdR* Pseudobranchialrinne. Mikroaufnahme: Zeiss-Winkel Luminar; Vergr. 10fach.

Abb. 4. Frontalschnitt durch den Kiemendarm einer 75 mm langen Bachneunaugenlarve, etwas über den Kiemenspalten gelegen, mit eingezeichnetem Schleimfilter. Diaphragma; *H* Herz; *IKKE* innerer Kiemenkammereingang; *II KB* II. Kiemenbogen; *KV* Kiemenvorkammer; *N* Nahrungspartikel; *PsdR* Pseudobranchialrinnen; *SF* Schleimfilter; *SKiKa* sekundäre Kiemenkammer; *Ve* Velum. Mikroaufnahme Zeiss-Winkel Luminar; Vergr. 8fach.

nachgewiesen wurden und zum Teil durch Suspensionsmenge und die Art der suspendierten Teilchen bedingt sind, zurückgeführt werden. Nachuntersuchungen werden zur Zeit durchgeführt.

Eine weitere Übereinstimmung mit den Tunikaten betrifft die spontan rhythmischen Kontraktionen. Die dort von HOYLE (1952, 1953) und E. u. B. WERNER (1954) eingehend analysierten mit einer Zerstörung des endlosen Schleimfilters verbundenen Kiemendarmentleerungen kommen in gleicher Weise bei Neunaugenlarven vor.

Auch in diesem Zusammenhang kann die Frage nach der Beteiligung des larvalen Reusendarmes an der Atmung gestellt werden. Der für eine exakte Beantwortung dieser Frage notwendige experimentelle Nachweis bereitet erhebliche Schwierigkeiten. Dagegen deuten verschiedene Umstände summarisch an, daß nicht nur der Gaswechsel der Larven gering ist, sondern sind auch Hinweise dafür, daß die Beteiligung des Reusendarmes am Gaswechsel gering ist:

1. Die in Schlammröhren lebenden Neunaugenlarven zeigen nach STERBA (1953) und SCHROLL (1959) in Ruhe keine Abhängigkeit der rhythmischen, im Dienste der Hydrokinetik stehenden Bewegungen (Velumschläge und Kiemenkorbkontraktionen) vom Sauerstoffgehalt des Wassers. Nur nach heftigen Schwimmbewegungen — Ausnahmezustand — steigt die Rhythmik stark an, um nach erneuter Ruhelage ebenso schnell Normalwerte anzunehmen.
2. Die größten Larven bewohnen nach SCHROLL (1959) die tiefsten Schlammschichten, das heißt Regionen mit sehr geringen Sauerstoffwerten, wobei allerdings einschränkend zu betonen ist, daß durch das hydrokinetische System ständig für eine Belüftung der Wohnröhren gesorgt wird.
3. Die Gesamtoberfläche der larvalen Kiemenelemente ist durch Zellnester mit Stütz- und Sekretionsfunktion (STERBA 1953) verringert und wird durch Reduktion derselben erst in der Metamorphose vollkommen frei.

b) Funktionsmorphologie des imaginalen Neunaugenkiemendarmes

Die larvalen Neunaugen sind innere Schleimfiltrierer, die Imagines Räuber. Der Reusendarm wird in der Metamorphose in einen dorsalen Ösophagus und einen ventralen blind geschlossenen Kiemensack umgestaltet (KAENSCHE, 1890, NESTLER 1890, KEIBEL 1925, 1927, STERBA 1953 u. a.). Wie 1953 im einzelnen gezeigt wurde, ist diese Umgestaltung mit einer tiefgreifenden Veränderung der Kiemenbögen und Kiemenelemente selbst verbunden. Die Kiementräger werden septumartig abgeflacht, die seitlich weit ausschwingenden Kiemenblattzeilen zur Achse parallel gerichtet und damit der direkte Wasserweg freigegeben. Weiterhin läßt sich eine Reduktion der zwischen den Kiemenblättchen liegenden Zellnester und damit eine sprunghafte Vergrößerung der Gesamtoberfläche des Kiemenepithels festzustellen (Einzelheiten s. STERBA 1953). Durch die Gesamtheit der Umbildung entsteht aus dem primären Kiemendarm — dem Reusendarm — der Neunaugenlarven, der sekundäre Kiemendarm — der Atmungsdarm — der Neunaugenimagines.

Für die kurz skizzierten Verhältnisse lassen sich sehr klare physiologische Beziehungen aufzeigen, die gleichsam ein Schulbeispiel physiologisch-morphologischer Verzahnung darstellen. Die mikrophagen, filtrierenden Larven aller Neunaugenarten erreichen in der Regel im Verlaufe von 4 Jahren eine Durchschnittslänge von 15 cm, die makrophagen, räuberischen Imagines dagegen je nach Art in weiteren 2 bis 3 Jahren eine Länge von 30 bis 90 cm. Die Größe der damit angedeuteten Unterschiede in der Stoffwechselintensität kann an dem Sauerstoffbedarf direkt bestimmt werden. Dieser ist gegenüber den Larven deutlich im Mittel um das 3- bis 4fache erhöht.

4. Zur Bedeutung des Kiemendarmes in der Phylogenese der Chordaten

Alle primitiven Chordaten — Tunikaten, Akranier, larvale Petromyzonten — sind innere Schleimfiltrierer. Es bestehen kaum Zweifel darüber, daß diese Ernährungsform der rezenten Vertreter ursprünglich im phylogenetischen Sinne ist, nachdem für die Ostracodermi des Ordoviziums und Gotlandiums eine gleiche Form der Nahrungssammlung sicher nachgewiesen ist.

Entsprechend einer Einteilung von B. Werner (1959) sind die inneren Schleimfiltrierer Spezialformen der Wasserstromfischer. Eine vergleichende Betrachtung der Primärformen der typischen Deuterostomier führt zu der interessanten Feststellung, daß vermutlich nicht nur die Chordaten, sondern alle hierher gehörenden Formen ursprüngliche Wasserstromfischer sind.

Unter den Echinodermen ernähren sich die Sphaeronidae aus dem Untersilur mit Wimperzellbändern. Die Fünfzahl dieser Bänder gab wahrscheinlich Anlaß zur Entwicklung der pentaradialen Symmetrie. Bei den Glyptosphaeridae aus dem Untersilur erreicht dieses Ernährungssystem große Vollkommenheit (Beklemischew 1958), bei den Orthocrinidae beobachtet man erstmalig eine Koordination zwischen der Anordnung der Ambulakralfurchen und den Kalkplatten. Mit Ausnahme der Pelmatozoen und einiger weniger Vertreter anderer Klassen, die eventuell die filtrierende Ernährungsweise sekundär neu erworben haben (Gemmill 1915), gehen im Laufe der Stammesgeschichte alle Echinodermen zu anderen, vorwiegend räuberischen Ernährungsformen über. Aus den Filtrierorganen entwickelt sich das Ambulakralsystem, das im Dienste der Lokomotion steht, daneben aber auch Atmungs- und Verteilungsfunktionen innehat.

Die rezenten Pogonophoren besitzen gefiederte Arme, die zweifelsohne in ihrer Gesamtheit hydrokinetische und filtrierende Funktionen haben (vgl. Iwanow 1955). Palaeontologisches Material ist meines Wissens bislang nicht sicher bekannt.

Unter den rezenten Hemichorda sind die Pterobranchia Wasserstromfischer, die Enteropneusta sekundär Sandfresser. Nur der pelagische *Glandiceps hacksii* ist nach Ikeda (1908) (vgl. v. d. Horst 1939) ein echter Filtrierer. Die paläozoischen Graptolithen waren sämtliche Wasserstromfischer.

Es wird hier absichtlich darauf verzichtet, dieses wesentliche ursprüngliche Merkmal der Deuterostomier in spekulative Erörterungen über deren Phylogenese einzuführen. Vielmehr soll versucht werden, den Übergang von der filtrierenden zur räuberischen Ernährungsweise am Beispiel der Chordaten, speziell der Petromyzonten, zu erörtern, wobei besonders die Frage berücksichtigt werden soll, ob aus physiologischen Gegebenheiten eine Teilerklärung für diesen Wechsel in der Ernährungsweise abgeleitet werden kann.

Die Größe des Betriebs- und Aufbaustoffwechsels werden bei Wasserstromfiltrierern durch die Filterleistung bestimmt. Jørgensen (1953) kommt nach vorsichtiger Einschätzung bei marinen Wasserstromfiltrierern des Litoral zu der Annahme, daß der Nahrungsbedarf je Liter filtrierten Wassers für den Betriebsstoffwechsel 0,05 für den Aufbaustoffwechsel 0,14 bis 0,2 mg organische Substanz beträgt. Stellt man in diesem Zusammenhang die Frage nach den Leistungsfähigkeiten eines Filtriersystems, so kann zunächst unter Vernachlässigung aller Einzelheiten festgestellt werden, daß diese Form der Ernährung mehr als jede andere oberflächengebunden ist. Eine gleichbleibende Filterleistung pro Flächeneinheit des Filtersystems bedingt bei zunehmendem Körpervolumen eine sekundäre Verschiebung der Anteile des Betriebs- und Aufbaustoffwechsels an der pro Zeiteinheit gefilterten Nahrungsmenge, zuungunsten des Aufbaustoffwechsels. Diese Diskrepanz kann im phylogenetischen Sinne durch Vergrößerung und Vervollkommnung der filtrierenden Oberflächen überwunden werden, ist aber generell dadurch beschränkt, daß die Volumenzunahme der dritten, die Zunahme der filtrierenden Oberfläche der zweiten Potenz folgt, wobei speziell für die Chordaten berücksichtigt werden muß, daß

maßgebend für die Filtration die Schleimflächen, nicht die Reusendarmstrukturen, sind. Eine weitere Besonderheit dieser Ernährungsweise ist der im Verhältnis zur gewonnenen Nahrungsmenge hohe energetische Aufwand. Die Erzeugung kontinuierlicher Wasserströmungen, die Überwindung des Filterwiderstandes, die Produktion der Filtersubstanzen selbst sind Arbeitsleistungen, die einen hohen Prozentsatz der gewonnenen Energie beanspruchen. Das Ernährungsprinzip der mikrophagen Wasserstromfiltrierer ist dadurch zumindest für größere Tiere eine der unrationellsten Methoden der Nahrungsgewinnung überhaupt. Schließlich wären vom morphologischen Standpunkt aus bei einer stärkeren Zunahme der filtrierenden Oberfläche konstruktionsmorphologische Einrichtungen zu erwarten, die die Stabilität der Systeme erhöhen. Diese Annahme erfährt vor allem durch die Seelilien eine Stütze, die zu den größten mikrophagen Wasserstromfiltrierern gehören. Das Exoskelett ermöglichte hier eine entsprechende Festigung der stark vergrößerten filtirerenden Oberfläche.

Die angeführten Beispiele lassen sich meines Erachtens in eine Diskussion über die Ursachen der Ernährungsumstellung der einzelnen Deuterostomiergruppen, besonders der Chordaten, einbeziehen und erfahren durch die Verhältnisse bei den Petromyzonten eine gewisse Bestätigung. So sind das außerordentlich langsame Wachstum der Larven aller Arten im Vergleich zu der rapiden Größenzunahme der Imagines und die bei allen Arten fast einheitliche Maximalgröße der Larven im Gegensatz zu den signifikanten Größenunterschieden der Imagines deutliche Hinweise auf die Beschränkung, die mit dieser Art der Ernährung verbunden ist. Das langsame Wachstum der Larven kann als Folge der energetisch ungünstigen Ernährungsweise, die mit diesem Prinzip der Wasserstromfiltrierung erreichte uniforme Maximalgröße der Larven als ein Hinweis auf die Begrenzung, die das System der Entwicklung setzt, verstanden werden. Auf die Richtigkeit dieser Interpretation deuten auch experimentelle Ergebnisse (Sterba 1953). So läßt sich bei *Petromyzon planeri* die Metamorphose durch vermindertes Nahrungsangebot stark hinausschieben, das heißt, die Metamorphose wird erst nach Erreichung eines bestimmten Stoffwechselzustandes eingeleitet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß eine Reihe von Hinweisen dafür gegeben sind, daß die mikrophage, filtrierende Ernährungsweise der phylogenetischen Entwicklung bestimmte physiologisch determinierbare Grenzen setzt, die unter den Deuterostomiern von den meisten Echinodermen, den Enteropneusten unter den Hemichordaten und den Wirbeltieren durch den Übergang zu anderen, meist räuberischen, Ernährungsformen überwunden wurden. Erst aus dem günstigeren Energiequotienten der räuberischen Ernährungsweise ergab sich die Möglichkeit einer stammesgeschichtlichen Größenzunahme mit allen sekundären Veränderungen.

Die räuberische Ernährungsweise bedingt aber auch einen intensiveren Stoffwechsel, der seinerseits nur sukzessive mit der Entwicklung eines speziellen Atmungsorgans erreicht werden kann. Erst diese Verhältnisse bedingen den entscheidenden Funktionswechsel des Reusendarmes zum Atmungsorgan, oder richtiger gesagt, die fortschreitende Dominanz der Atemfunktion und die fortschreitende Reduktion der Reusenfunktion im Kiemendarm.

Auf die bei höheren Wirbeltieren feststellbaren anatomischen Hinweise auf einen solchen Funktionswechsel wurde schon 1953 aufmerksam gemacht. Hier sollen nur noch kurz jene Vorgänge erwähnt bzw. wiederholt werden, die bei Neunaugen im Laufe der Metamorphose als echte Rekapitulation primär stammesgeschichtlicher Abläufe eingeschätzt werden können. In dieser Hinsicht sind charakteristisch:

1. Die bereits oben näher dargestellte Umstellung der Kiemendarmarchitektur sowie die Zunahme der atmenden Oberfläche des Kiemendarmes (Sterba 1953).
2. Die Erweiterung des Inkretsystems. Die morphologische und physiologische Entwicklung der Schilddrüse aus Teilen des Jod und Thyroxinvorstufen speichernden Endo-

styls (Marine 1913, Kraentzel 1933, Leach 1939, Sterba 1953 u. a.) während der Neunaugenmetamorphose ist meines Erachtens der eindruckvollste Hinweis auf die Umstellung, und Intensivierung des Stoffwechsels als Folge der Ernährungsumstellung bei den Chordaten. Aber auch für das Inter- und Adrenalsystem sind adäquate Änderungen angedeutet worden (Sterba 1955a, b).

3. Die Erreichung der Funktionstüchtigkeit der charakteristischen bilateralen Lichtsinnesorgane.

5. Zusammenfassung

Die Funktionsmorphologie des Chordatenkiemendarmes ermöglicht eine begründete Analyse der allgemeinen Chordatenphylogenese. Diese Analyse wird durch den Umstand begünstigt, daß beide Funktionstypen des Chordatenkiemendarmes — Reusendarm und Atmungsdarm — bei rezenten Formen vertreten und die Verhältnisse bei den ältesten Fossilien gut bekannt sind. Das oberflächengebundene Nahrungssammelprinzip „Filtration von Nanno- und Mikroplankton" ist eine der energetisch unrationellsten Methoden der Nahrungsgewinnung. Der aus der gefilterten Nahrungsmenge für den Aufbaustoffwechsel zur Verfügung stehende Energieanteil nimmt mit der Volumenzunahme des Organismus ab, verallgemeinernd: dieses Nahrungsprinzip begrenzt die stammesgeschichtliche Größenzunahme. Diese Schranke der Entwicklung kann nur auf der Basis einer anderen Ernährungsweise überwunden werden. Am Beispiel der Neunaugen läßt sich zeigen, daß der larvale Reusendarm erst beim Übergang zur räuberischen Ernährungsweise zum typischen Atmungsdarm der Wirbeltiere entwickelt wird. Ähnliche physiologische und morphologische Voraussetzungen und Umstellungen haben vermutlich während der Phylogenese der Chordaten eine Rolle gespielt.

6. Literatur

Beklemischew, W. N., 1958: Grundlagen der Vergleichenden Anatomie der Wirbellosen, I. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin.

Carlisle, D. B., 1950: Alcune osservazioni sulla meccanica dell' alimentazione della Salpa. Pubbl. Staz. Zool. Napoli **22**.

Fedele, M., 1923: Le attività dinamiche cel i rapporti nervosi nella vita dei Dolioli. Pubbl. Staz. Zool. Napoli **4**.

— 1933: Sulla nutrizione degli animali pelagici. III. Ricerche sui Salpidae. Boll. Soc. Nat. Napoli **45**.

Fol, H., 1872: Etudes sur les Appendiculaires du détroit de Messine. Mem. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève **21**.

— 1876: Über die Schleimdrüse oder den Endostyl der Tunicaten. Morph. Jahrb. **1**.

Gemmill, J. F., 1915: On the ciliation of Asterias, and on the question of ciliary nutrition in certain species. Proc. Zool. Soc. London.

v. d. Horst, C. J., 1939: Hemichordata. Bronns Klass. u. Ordn. d. Tierr. 4/IV. Akad. Verl.-Ges. Leipzig.

Hoyle, G., 1952: The response mechanism in ascidians. J. Mar. Biol. Ass., Plymouth **31**.

— 1953: Spontaneous squirting of an ascidian. Phallusia mammillata Cuvier. J. Mar. Biol. Ass., Plymouth **31**.

Ikeda, J., 1908: On the swimming habit of a japanese Enteropneuste, Glandiceps hacksii Marion. Annat. Zool. Jap. **6**.

Иванов, А. В., 1955: Основные черты организации Pogonophora Доклады АН СССР, Н. С. **100**, Москва.

(Iwanow, A. W., 1955: Grundzüge in der Organisation der Pogonophora. Doklady AN SSSR, now. serija, t. **100**, Nr. 2, Moskau.)

Jørgensen, C. B., 1949: Feeding-rates of Sponges, Lamellibranchs and Ascidians. Nature **163**.

— and Goldberg, E. B., 1953: Particle filtration in some ascidians and lamellibranchs. Biol. Bull. **105**.

Kaensche, C. C., 1890: Beiträge zur Kenntnis der Metamorphose des Ammocoetes branchialis in Petromyzon. Schneiders zool. Beiträge **2**.

Keibel, F., 1925: Eröffnungsansprache der anatomischen Gesellschaft Wien. Verh. d. anat. Ges. Ergänzungsh. 2. Anat. Anz. **60**.

Keibel, F., 1927: Zur Entwicklungsgeschichte des Vorderarms und des Pankreas beim Bachneunauge, Lampetra (Petromyzon) planeri und beim Flußneunauge, Lampetra (Petromyzon) fluviatilis. Zschr. mikr.-anat. Forsch. 8.

Kieckebusch, H. H., 1928: Bau und Entwicklung der Schilddrüse bei Neunaugenlarven (Lampetra fluviatilis L. und Lampetra planeri Bl.). Zschr. Morph. u. Ökol. Abt. A, **11**, 3/4.

Kraentzel, F., 1933: Contribution à l'étude de la Lamproie fluviatile Lampetra (Petromyzon) fluviatilis L. 1. La transformation de l'endostyle en glande thyroïde. 2. La formation de l'oesophage. Arch. Biol. Liège-Paris, **44**, 3.

Leach, W. J., 1939: The endostyle and thyroid gland of the brook lamprey Ichthyomyzon fossor. J. Morph. **65**, 3.

Mac Ginitie, G. E., 1939b: The method of feeding of tunicates. Biol. Bull. **77**.

Marine, D., 1913: The metamorphosis of the endostyle of Ammocoetes branchialis. J. exp. Med. **17**.

Millar, R. H., 1953: Ciona. L. M. B. C. Mem. **34**, Liverpool.

Nestler, K., 1890: Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte von Petromyzon planeri. Arch. f. Naturgesch. **56**. Jg., I. Bd.

Orton, J. H., 1913: The ciliary mechanismus an the gill and the mode of feeding in Amphioxus, Ascidians and Solenomya togata. J. Mar. Biol. Ass. Plymouth **10**.

Rauther, M., 1924: Pisces, I. Buch. Bronns Klass. u. Ordn. d. Tierr. 6/I. Akad. Verl.-Ges., Leipzig.

Romer, A., 1949: The vertebrate body, 1. Aufl., W. B. Saunders Comp., Philadelphia.

Sakwarelidse, S., 1928: Zum Vergleich des larvalen und des fertig ausgebildeten Kiemendarms von Lampetra planeri. Zschr. mikr.-anat. Forsch. **12**.

Schroll, F., 1957: Zur Ernährungsphysiologie der Ammocoeteslarven der Cyclostomen. Zool. Anz. **159**, 3/4.

— 1959: Zur Ernährungsbiologie der steirischen Ammocoeten Lampetra planeri (Bloch) und Eudontomyzon danfordi (Regan). Int. Rev. Hydrobiol. **44**.

Sterba, G., 1953: Die Physiologie und Histogenese der Schilddrüse und des Thymus beim Bachneunauge als Grundlage phylogenetischer Studien über die Evolution der innersekretorischen Kiemendarmderivate. Wiss. Zschr. Friedr.-Schiller-Univ. Jena. **3**.

— 1955a: Das Adrenal- und Interrenalsystem im Lebensablauf von Petromyzon planeri (Bloch). Zool. Anz. **155**, 7/8.

— 1955b: Schilddrüse und Nebennierensystem im Lebensablauf von Petromyzon planeri (Bloch). Verhandl. Dtsch. Zool. Ges. in Erlangen.

Werner, B., 1959: Das Prinzip des endlosen Schleimfilters beim Nahrungserwerb wirbelloser Meerestiere. Int. Rev. Hydrobiol. **44**, 2.

Werner, E. u. B., 1954: Über den Mechanismus des Nahrungserwerbs der Tunicaten, speziell der Ascidien. Helgol. Wiss. Meeresunters. **5**.

Prof. Dr. Günther Sterba,
Zoologisches Institut der
Karl-Marx-Universität,
Leipzig C 1,
Talstraße 33

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	115—129

Dietrich Uhlmann

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig

ÜBER DEN EINFLUSS VON PLANKTONORGANISMEN AUF IHR MILIEU

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Problemstellung 115
2. Wechselbeziehungen zwischen Phyto- und Zooplankton 116
a) „Grazing effect" 117
b) „Animal exclusion" 119
3. Einwirkungen auf den Chemismus des Wassers 121
a) Der Einfluß von Massenentfaltungen des Phytoplanktons 121
b) Der Einfluß von Massenentfaltungen des Zooplanktons 122
4. Schlußbetrachtung 127
5. Literatur 127

1. Problemstellung

Jeder Organismus braucht nicht nur zu seinem Gedeihen bestimmte Umweltbedingungen, sondern beeinflußt seinerseits das ihn umgebende Milieu. Bei der biologischen Abwasserreinigung macht man Gebrauch von dieser Fähigkeit der Organismen, ihre Umwelt zu beeinflussen und zu verändern. Besonders klar läßt sich dieser Einfluß auf die Umwelt bei bestimmten Planktonorganismen demonstrieren. Die Plankter sind in ihrem Milieu, dem umgebenden Wasser, frei suspendiert, vielfach sogar gleichmäßig verteilt, und lassen sich leicht quantitativ erfassen. Ihr Wohnwasser ist weitgehend homogen, und Veränderungen in seinem Chemismus sind verhältnismäßig leicht analysierbar. Andere Disziplinen der Ökologie, z. B. die Bodenbiologie, stehen bei der Bearbeitung solcher Fragen viel größeren Schwierigkeiten gegenüber. Dennoch sind gerade in der terrestrischen Ökologie bei der Analyse solcher Beziehungen große Erfolge erzielt worden (vgl. Tischler 1955), ebenso bei Benthosuntersuchungen (Caspers 1950, vgl. auch Lenz 1928).

Deutlich wird der Einfluß von Planktonorganismen (oder Organismen überhaupt) am ehesten dort, wo einzelne Arten zu starker Massenentfaltung gelangen. Eine solche Massenentfaltung ist, den biozönotischen Grundprinzipien nach Thienemann entsprechend, meistens auf besonders einseitige Umweltbedingungen zurückzuführen. So schränkt beispielsweise ein sehr hoher Salzgehalt in Binnenseen die Artenzahl des Planktons stark ein. Die wenigen Arten, die den hohen Salzgehalt noch vertragen, erreichen oft hohe Individuendichten, und es herrschen für die Untersuchung von Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Gruppen der Planktonorganismen oder zwischen den Planktonorganismen und ihren Milieufaktoren viel übersichtlichere Verhältnisse als beispielsweise in einem normalen Binnensee, der sehr vielen Arten Lebensmöglichkeit bietet (vgl. Anderson et al. 1955, Sládeček 1958). Die Verhältnisse sind hier zwar ausgeglichener, aber dafür viel schwerer zu überschauen.

Auch in Abwasserteichen mit ihrem außerordentlich starken, für viele Arten zu großen Nährstoffangebot, ihrem hohen Gehalt an Fäulnisgiften (z. B. Ammoniak) und ihren oft sehr niedrigen Sauerstoffspannungen herrschen Bedingungen, welche die Massenentfal-

tung einzelner dominierender Arten begünstigen. Solche Teiche zeigen oft eine intensiv grüne Vegetationsfärbung durch Massenentfaltung einer oder mehrerer Arten von Phytoplanktern, die dafür Individuenzahlen bis 300 Millionen Zellen pro ml erreichen können. Zu anderen Zeiten sind solche Teiche regelrecht rot gefärbt durch Schwärme von *Daphnia magna*, *D. pulex* oder *Moina*-Arten, die stellenweise Individuendichten von einigen tausend Tieren pro Liter aufweisen[1]).

Es bieten sich daher besonders übersichtliche Verhältnisse an für die Untersuchung der im folgenden zu behandelnden Fragen.

2. Wechselbeziehungen zwischen Phyto- und Zooplankton

Schon seit langem ist bekannt, daß bei reichlicher Anwesenheit von Zooplankton oft wenig Phytoplankton vorhanden ist und umgekehrt bei starker Entfaltung des Phytoplanktons oft nur wenig Zooplankton. Häufig wechseln in den Gewässern die Maxima beider Gruppen einander ab. In der Erklärung dieser Erscheinung stehen sich zwei Theorien gegenüber.

Einmal besteht die Annahme eines sogenannten „grazing effect" („Abgrasen"), also einer intensiven Freßtätigkeit des Zooplanktons, die zur starken Verminderung des als Nahrung dienenden Phytoplanktons führt, während das Zooplankton zunimmt (HARVEY et al. 1935). Es handelt sich also um ein Räuber-Beute-Verhältnis. Grundlegende Untersuchungen hierüber wurden bereits von WOLTERECK und seinen Schülern durchgeführt, z. B. von DIEFFENBACH und SACHSE (1912) an den Lauerteichen bei Leipzig. Die Arbeiten der WOLTERECK-Schule zeigten, daß von Rotatorien und Cladoceren des Planktons vor allem die pflanzlichen Kleinstformen weggefressen werden, also Vertreter des Nannoplanktons (vgl. COLDITZ 1914, LANTZSCH 1914).

Im Widerspruch zu dieser Erklärung steht aber andererseits die Tatsache, daß bei starker Massenentfaltung des Phytoplanktons Bedingungen herrschen, welche das Aufkommen des Zooplanktons erschweren. So können sich beispielsweise Daphnien gegen eine einmal bestehende Vegetationsfärbung nur schwer oder gar nicht durchsetzen (WEIMANN 1939), eine Beobachtung, die auch von Daphnienfängern bestätigt wird. Dies ist zunächst überraschend, denn man sollte auf Grund der überreichlich zur Verfügung stehenden Nahrung eine besonders starke Vermehrung der Daphnien erwarten. Dieser Effekt wird nach HARDY and GUNTHER (1935) als „animal exclusion" bezeichnet: die Massenentwicklung des Phytoplanktons schließt die Anwesenheit des Zooplanktons aus; Phytoplankton-Wolken im Meere werden vom Zooplankton oft weitgehend gemieden. Zur Erklärung werden physiologische Momente herangezogen, z. B. die Abgabe schädigender Stoffwechselprodukte seitens der Algenzellen, z. B. Chlorellin durch *Chlorella* (Schädigung von Daphnien s. u.). Es lassen sich aber im Laboratoriumsversuch, wie schon WOLTERECK (1908) gezeigt hat, gerade Daphnien besonders gut halten, wenn sie mit *Chlorella* gefüttert werden. So konnten *Daphnia longispina* und *Hyalodaphnia cucullata* zum Teil jahrelang in kleinen Kulturgefäßen gehalten werden „ohne irgendeine Abnahme der Vitalität zu zeigen".

Diese Widersprüche deuten darauf hin, daß weder die Theorie des grazing effects noch die der animal exclusion allein die Wechselbeziehungen zwischen Phyto- und Zooplankton befriedigend erklären kann. Obwohl HARDY selbst die Meinung vertrat, daß die beiden Theorien einander nicht ausschließen, beschränken sich auch neuere Arbeiten meistens nur auf einen der beiden Standpunkte (vgl. ANDERSON et al. 1955, SLÁDEČEK 1958). Im folgenden soll gezeigt werden, wie in ein und demselben Gewässer beide Möglichkeiten verwirklicht sein können.

---

[1]) Die Rotfärbung wird durch Hämoglobin hervorgerufen, das den Tieren offenbar die Ausnutzung auch sehr kleiner Sauerstoffmengen gestattet (vgl. FOX et al. 1951, GREEN 1955).

a) „Grazing effect"

Viele im Frühjahr vegetationsgefärbte Dorfteiche bei Leipzig zeigen im Hochsommer ein ausgesprochenes „*Daphnia*-Klarwasserstadium" (UHLMANN 1954, 1959), gekennzeichnet durch Massenentfaltung von *Daphnia magna* oder *D. pulex* einerseits, weitgehendes Fehlen von Phytoplanktern und Bakterien im freien Wasser andererseits. Da alle nötigen Pflanzennährstoffe im Überschuß vorhanden und auch die Licht- und Temperaturbedingungen optimal sind, drängt sich natürlich die Erklärung auf, daß die Daphnien das vorher reichlich vorhandene Phytoplankton weitgehend „abgegrast" haben und auf Grund ihrer Massenentfaltung auch das weitere Aufkommen größerer Algenmengen verhindern oder den Zuwachs an Algen laufend wegfressen (vgl. PENNINGTON 1940, EDMONDSON 1957).

Ähnliche Verhältnisse beobachteten HARVEY et al. (1935) im Ärmelkanal, wo die vorher massenhaft vorhandenen Planktondiatomeen trotz günstiger Ernährungsbedingungen verschwanden, während gleichzeitig eine Massenentfaltung diatomeenfressender Copepoden einsetzte.

Zur experimentellen Prüfung dieser Frage, die allein auf Grund von Außenbeobachtungen nicht sicher beantwortet werden kann, wurde Wasser aus dem Dorfteich Gundorf bei Leipzig im Laboratorium exponiert, und zwar in je zwei 4-l-Aquarien ohne Daphnien und in je zwei Aquarien mit Daphnien aus dem Teich[1]). Die Individuendichte der Tiere war die gleiche wie im Gewässer selbst. In den beiden Aquarien ohne Daphnien bildete sich nach 14 Tagen eine intensiv grüne Vegetationsfärbung von *Chlorella pyrenoi-*

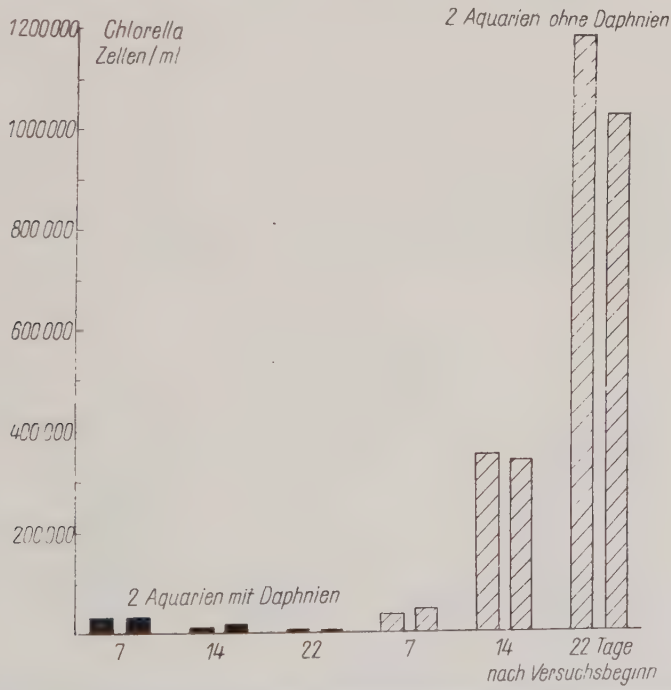


Abb. 1. Einfluß von *Daphnia magna* auf das Zustandekommen einer Vegetationsfärbung (*Chlorella*). Wasser und Daphnien aus dem Dorfteich Gundorf (September/Oktober 1955).

[1]) Einer im Prinzip ähnlichen Technik bediente sich auch GAULD (1950): in einem Meeresarm eingehängte (Säure)Ballons mit und ohne Zooplankton (in ersterem geringere Zunahme des Phytoplanktons). Diese Arbeit war dem Verf. damals (1955) nicht bekannt.

dosa, während das Wasser der beiden mit Daphnien besetzten Aquarien klar und farblos wurde (Abb. 1). Dieser Versuch wurde in der gleichen Anordnung, jedoch 4 Jahre später und im Winter, aber unter künstlichen Sommerbedingungen, wiederholt[1]). Das Ergebnis war im Prinzip das gleiche (Abb. 2). Die Fähigkeit von *Daphnia magna*, im Sinne des „grazing effects" das Aufkommen von Vegetationsfärbungen zu verhindern, beschränkt sich nicht etwa nur auf Chlorococcalen. Ein anderer Teich bei Leipzig (Oberer Dorfteich Dösen) zeigt bei günstigen Bedingungen im Frühjahr eine intensiv orangebraune Vegetationsfärbung von *Stephanodiscus hantzschii*. Im Aquarienversuch mit Wasser aus diesem Teich läßt sich unter künstlichen Sommerbedingungen (s. oben) auch mitten im Winter eine ebenso starke oder noch stärkere Vegetationsfärbung erzeugen (fast 1 Million Zellen pro ml!). Im Parallelversuch hingegen, bei Anwesenheit einiger *Daphnia magna* aus dem Teich, blieb das Wasser klar und farblos. Auch hier brachte eine Wiederholung des Versuches ein im Prinzip ganz ähnliches Resultat (Abb. 3), wenn auch bei weitem kein so starkes Ausmaß der Algenentwicklung. Die erzielten Ergebnisse sind also bestimmt nicht zufälliger Natur. Im Teich selbst kann sich die Frühjahrs-Vegetationsfärbung meist ungestört ausbilden, weil die Daphnien (die hier dominierenden Zooplankter) fast stets erst im Mai stärker in Erscheinung treten bzw. erst dann nennenswerte Filterleistungen erreichen (vgl. DAVIS 1958). Auch dadurch, daß durch plötzlichen kata-

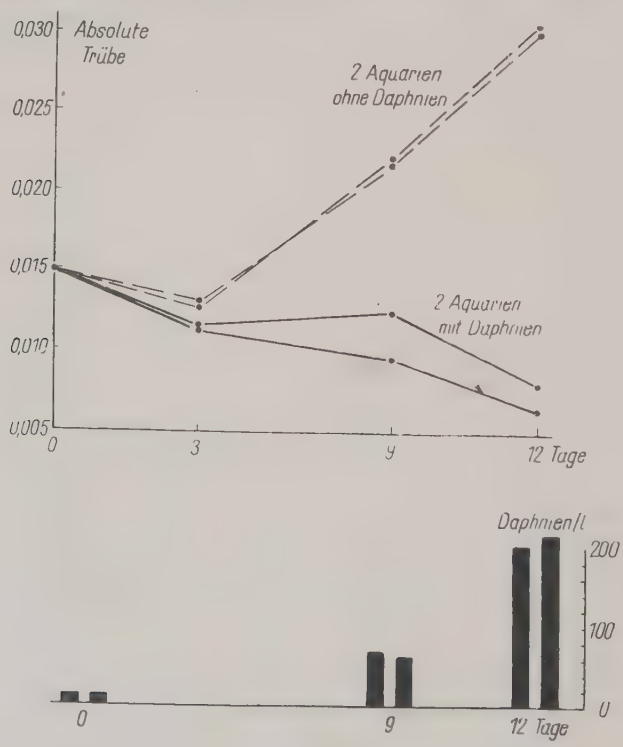


Abb. 2. Wiederholung des in Abb. 1 dargestellten Versuches (Februar 1960): Einfluß von *Daphnia magna* auf das Zustandekommen einer Vegetationsfärbung (*Chlorella*), dargestellt an Hand der Trübungswerte. In einem der beiden *Daphnia*-Aquarien zwischen 3. und 9. Versuchstag ebenfalls (schwache) Entfaltung von *Chlorella* (Zunahme der Trübung).

[1]) Temperaturkonstanter Raum (18 ± 0,5 °C) mit künstlichem 16-Stunden-Tag (Leuchtstoffröhre Neutralweiß 40 W, elektrische Schaltuhr).

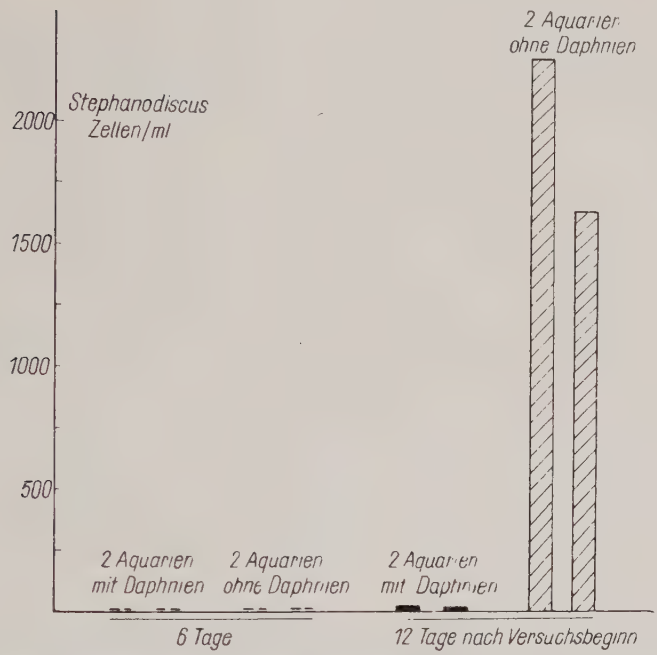


Abb. 3. Einfluß von *Daphnia magna* auf die Vermehrung von *Stephanodiscus hantzschii*. Wasser und Daphnien aus dem Oberen Dorfteich Dösen.

strophalen Sauerstoffschwund (z. B. infolge Ausbildung einer sehr starken *Lemna*-Decke), die ganze *Daphnia-magna*-Population eines Teiches (Gutsteich Gundorf) abstirbt, wird für die Phytoplankter eine „Entwicklungsschleuse" geöffnet, und es kann sich in kurzer Zeit erneut eine starke Vegetationsfärbung ausbilden. Normalerweise herrscht in dem betreffenden Teich den ganzen Sommer über das *Daphnia*-Klarwasserstadium, in dem keine Vegetationsfärbung möglich ist (näheres s. Uhlmann 1959).

b) „Animal exclusion"

Während große *Daphnia*-Mengen das Zustandekommen von Vegetationsfärbungen verhindern können, wirkt umgekehrt eine einmal bestehende starke Vegetationsfärbung hemmend auf eine eventuelle Massenentfaltung der Daphnien. Nach Abschluß des geschilderten „grazing"-Experimentes mit Gundorfer Teichwasser wurden die Daphnien aus einem der beiden „Klarwasser"-Aquarien in eines der beiden *Chlorella*-Aquarien (über 1 Million Zellen/ml) überführt. Auf Grund des reichen Nahrungsangebotes hätte man eine besonders rasche Vermehrung der Tiere erwarten sollen. Statt dessen zeigten die Daphnien 10 Tage lang keine Zunahme, einige Tiere starben, und erst dann setzte eine schwache Vermehrung ein. Was sind die Ursachen für das oft beobachtete schlechte Gedeihen von Daphnien in stark vegetationsgefärbtem Wasser? E. Naumann (1918), der Daphnien in Gefäße mit vegetationsgefärbtem Wasser (*Chlorella*, *Scenedesmus*) brachte, kam zu dem Ergebnis, daß die Algen den Darm „morphologisch zu urteilen ... ganz und gar undigeriert passieren" und betrachtete daher die Algen „als etwas ernährungsbiologisch ganz Nebensächliches". Tatsache ist, daß der Filterautomat der Daphnien bei zu großer Nahrungsdichte immer wieder neue Algen in den Ösophagus befördert, ohne daß die bereits aufgenommenen schon verdaut sind. Der Nutzwert dieser „Nahrung" ist offensichtlich gering, denn die Tiere verbrauchen zwar viel Energie, gewinnen aber keine. Sie

hungern vielleicht sogar effektiv, obwohl oder vielmehr weil sie von einem zu großen Überfluß an Nahrung umgeben sind. Ist aber die Konzentration der Algen im Wasser geringer, so passieren sie auch langsamer durch den Darm, und dabei unterliegt auch der Darminhalt einer deutlichen Veränderung (BAUER 1921, ERIKSON 1934), und es lassen sich beispielsweise bei Fütterung mit *Chlorella* oder *Stichococcus* zahlreiche leere Hüllen dieser Algen im Enddarm nachweisen (DEHN 1931).

LEFÈVRE (1942) konnte beobachten, daß von *Chlorella pyrenoidosa* im günstigsten Fall nur etwa 0,5 % den Darmkanal unverdaut verläßt. Bei zu großer Passagegeschwindigkeit hingegen ist die Wirkung der Verdauungsfermente in der kurzen Zeit sehr gering, und ein sichtbarer Effekt zeigt sich unter Umständen erst nach mehrmaliger Darmpassage der Algenzellen (DEHN 1931).

Entscheidend für die Ausnützbarkeit der Algen ist nicht nur ihre Menge. Manche Arten sind nur ausnützbar, solange ihre Größe gering und ihre Membran dünn ist. Zwischen verschiedenen Arten von Algen (auch innerhalb einer Gattung), selbst zwischen verschiedenen Stämmen der gleichen Art, können hinsichtlich Brauchbarkeit als Nahrung große Unterschiede bestehen (DEHN 1931, LEFÈVRE 1942).

Der Verfasser hält es für notwendig, auf diese Momente hinzuweisen, weil in neuerer Zeit das Nichtgedeihen von Zooplanktern in stark vegetationsgefärbtem Wasser mehr oder weniger ausschließlich nur auf toxische Effekte seitens der Algen zurückgeführt wird. Zweifellos spielen Schädigungen durch Stoffwechselprodukte von Planktonalgen sowohl bei Wirbellosen als auch bei Wirbeltieren eine große Rolle (LUCAS 1948), aber auch bei Algen selbst (LEFÈVRE et al. 1951.

So erzeugen beispielsweise verschiedene marine *Gymnodinium*-Arten starke Neurotoxine (BALLANTINE and ABBOTT 1957). Bekannt sind auch toxische Effekte von Blaualgen, besonders *Microcystis*, gegenüber Fischen und weidendem Vieh (PRESCOTT 1948). Hierbei spielt das von den abgestorbenen Blaualgen ausgeschiedene Hydroxylamin eine wesentliche Rolle.

Im Falle von *Chlorella* haben *Pratt* et al. (1945) nachgewiesen, daß alternde Populationen, deren Teilungsrate stark zurückgegangen ist, eine wasserlösliche Substanz abgeben, das sogenannte Chlorellin, das gegenüber Bakterien und anderen Organismen eine antibiotische Wirkung zeigt, aber auch auf *Chlorella* selbst schädlich wirkt. Bei Fütterung von Daphnien mit alten *Chlorella*-Zellen muß dieses Moment mit in Rechnung gesetzt werden (RYTHER 1954). Leider wird der Aussagewert der im übrigen wertvollen Arbeit von RYTHER dadurch beeinträchtigt, daß die Abhängigkeit der Verdauung von der Konzentration der Nahrung zwar beobachtet, aber bei den Schlußfolgerungen nicht mit in Erwägung gezogen wird, auch von den oben zitierten Arbeiten wird keine erwähnt. Wenn die alten *Chlorella*-Zellen in viel geringerem Maße ausgenützt werden als die jungen, wachsenden, hätte auch geprüft werden müssen, ob sie nicht etwa auch schlechter verdaubar sind (stärkere Zellulosehülle?). Bei den Fütterungsversuchen mit jungen, wachsenden *Chlorella*-Kulturen besteht kein Anlaß, überhaupt (bei großen Futtermengen) eine Hemmung der Verdauungstätigkeit durch Chlorellin anzunehmen, wie dies RYTHER tut. Daß sich die Verdauungstätigkeit eines Organismus mit zunehmendem Nahrungsangebot nicht in beliebigem Maße steigern läßt, ist eine Tatsache, die zu ihrer Erklärung doch wohl nicht unbedingt der Annahme bedarf, daß aus der Nahrung Antibiotika freigesetzt werden. Nicht nur bei Daphnien, sondern z. B. auch bei *Brachionus rubens* fällt bei Erhöhung der Algenkonzentration die Filterleistung ab, immerhin können pro Stunde unter Umständen 70 % des Eigengewichtes aufgenommen werden, wobei natürlich eine Ausnutzung so großer Nahrungsmengen nicht mehr möglich ist (ERMAN 1956).

Über die Wechselwirkung zwischen Phyto- und Zooplankton in den untersuchten Fällen kann zusammenfassend gesagt werden, daß vielfach gewissermaßen ein Wettlauf stattfindet zwischen der Vermehrungsrate von *Chlorella* und der von *Daphnia*. Bevor sich in den geschilderten Aquarienversuchen das Gleichgewicht nach der einen oder der anderen Seite verlagerte, waren mitunter beide Komponenten in nennenswerten Mengen neben-

einander nachweisbar. Im Endeffekt unterdrücken entweder die Daphnien die Vegetationsfärbung (grazing effect), oder sie sind die Unterlegenen und werden von der Vegetationsfärbung beeinträchtigt (animal exclusion). Diese Beeinträchtigung ist offenbar dann am stärksten, wenn die Algen ihr Individuen-Maximum erreicht haben und zu altern beginnen (RYTHER 1954).

3. Einfluß der Planktonorganismen auf den Chemismus des Wassers

Je nachdem, ob in den untersuchten Fällen das Phytoplankton oder das Zooplankton vorherrscht, wird der Chemismus des Wassers in ganz verschiedener Richtung verändert.

a) Der Einfluß von Massenentfaltungen des Phytoplanktons

Vegetationsfärbungen bewirken oft starke Sauerstoffübersättigungen. In den untersuchten Teichen konnten bis zu 300 % und im Experiment bis 500 % O_2-Übersättigung festgestellt werden. Durch die starke Assimilationstätigkeit wird der Vorrat des Wassers an freier und gebundener Kohlensäure verringert. Die damit einhergehende biogene Ausfällung des Kalkes, der vorher durch die Anwesenheit der Kohlensäure in Lösung gehalten wurde, führt bekanntlich in zahlreichen Seen zur Bildung der sehr auffälligen Seekreidebänke. Mit dem fortschreitenden Entzug der Kohlensäure steigt der pH-Wert an. Nach RUTTNER (1952) kann dadurch unter Umständen ein pH-Wert von 11 erreicht werden. Bei Anwesenheit von Ammoniumverbindungen verschiebt sich aber mit steigendem pH-Wert das Verhältnis $NH_4 \cdot NH_3 \cdot H_2O$ zugunsten des vor allem auf Tiere stark giftig wirkenden undissoziierten Ammoniaks (WUHRMANN und WOKER 1947). Während bei pH 7 und 18 C der NH_3-Anteil nur 0,42 % beträgt, sind es bei pH 8,2 bereits 5,4 % und bei pH 9,5 sogar mehr als 50 %. In den Gundorfer Teichen entspräche das der gewaltigen Menge von mehr als 10 mg/l undissoziiertem Ammoniak, einem Wert, der nach STAMMER (1953) von vielen poly- und α-mesosaproben Wassertieren nicht mehr vertragen wird. Soweit also die im Wasser vorhandenen Ammoniumverbindungen nicht bei der Ausbildung der Vegetationsfärbung nitrifiziert oder durch die Algen selbst verbraucht und dadurch unschädlich gemacht werden, kann der biogene pH-Anstieg die Wassertiere schädigen, und zwar weniger direkt (solange die pH-Werte nicht über 10 steigen) als indirekt über die Giftwirkung des Ammoniaks (SCHÄPERCLAUS 1952). Die „animal exclusion" seitens der Algen kann also auch über eine indirekte Änderung des Chemismus zustandekommen! Die relative Artenarmut der Gundorfer Teiche (s. UHLMANN 1959) ist sicherlich mit auf diesen Faktor zurückzuführen.

Durch eine Algen-Massenentwicklung werden weiterhin in starkem Maße Stickstoff- und Phosphorverbindungen verbraucht, Eisen und Phosphat zum Teil in ungelöste Form überführt (Eisen-III-Phosphat oder Eisen-III-Humuskolloid-Komplexe mit adsorbiertem Phosphat). Im Hochsommer stehen jedoch im Dorfteich Gundorf den sehr hohen O_2-Werten in den oberen Schichten oft sehr große H_2S-Mengen in den unteren gegenüber, und zwar bemerkenswerterweise schon ab 50 cm Tiefe. Die enorm hohe Populationsdichte der Algen führt nämlich dazu, daß das Licht nur wenige Dezimeter tief eindringen kann, der Kompensationspunkt also sehr hoch liegt. Dadurch werden die unteren Wasserschichten nicht mehr mit Assimilations-Sauerstoff versorgt. Hier, in der „lichtlosen Tiefe", die schon einen halben Meter unter dem Wasserspiegel beginnt, zersetzen sich die abgesunkenen Algen und liefern dabei große Mengen an fäulnisfähigen organischen Stoffen, die als geeignete Wasserstoffdonatoren die bakterielle Reduktion des reichlich vorhandenen Sulfates zu Schwefelwasserstoff begünstigen, wobei den Mikroorganismen der gebundene Sauerstoff des Sulfates als O_2-Quelle dient. Bei den tropisch hohen Sommertemperaturen des „hypolimnischen" Teichwassers verlaufen diese Umsetzungen mit gewaltiger Intensität (OHLE 1956), und das Ergebnis ist eine starke H_2S-Akkumulation.

Dieses ausgesprochen reduktive Milieu in den unteren, von der O_2-Zufuhr abgeschnittenen Wasserschichten zieht seinerseits weitere Veränderungen des Chemismus nach sich. Es gehen große Mengen an Eisen-II- und Phosphationen in Lösung, die unter aeroben Bedingungen (FeIII) unlöslich gebunden sind. Die anaeroben Spaltungsprozesse erhöhen den Gehalt an Ammoniak, organischen N-Verbindungen, frei r und gebundener Kohlensäure. Durch die Assimilationstätigkeit und das Wachstum des Phytoplanktons wird also zwar die Konzentration dieser Stoffe in den oberen Wasserschichten gesenkt, aber gleichzeitig in den unteren Schichten erhöht. Das Phytoplankton (vor allem *Chlorella* und *Synechococcus*[1]), letzterer in Mengen bis 300 Millionen Zellen pro ml), bewirkt also eine ausgesprochene Disproportionierung: Sauerstoffmengen bis 25 mg/l und darüber in der bis in etwa 50 cm Tiefe reichenden trophogenen Schicht, H_2S-Mengen bis 50 mg/l und darüber in der tropholytischen Schicht (s. UHLMANN 1959; vgl. auch WETZEL 1928).

Diese chemische Schichtung ist allerdings an das Bestehen einer Temperaturschichtung gebunden. Die O_2-haltige Oberschicht reicht so tief, wie leichte und mäßige Winde das Wasser noch umwälzen können. Von der Tiefe an, in der sich das Wasser dank seiner größeren Dichte der Einbeziehung in diese häufig durchmischte Schicht widersetzt, beginnt die H_2S-haltige Unterschicht. Dieses Schichtungsbild hält sich trotz der sehr guten Windexposition des Teiches unter Umständen viele Wochen lang, wobei offenbar die Stabilität der Schichtung durch die erhöhte Konzentration der gelösten Stoffe in der Unterschicht verstärkt wird.

Ein weiteres Beispiel dafür, daß solche Konzentrationsschichtungen in normalen Flachgewässern möglich sind, bietet der Lunzer Mittersee, der bei einer Maximaltiefe von etwa 3 m zeitweise in der Oberschicht oligosaprobe, in der Unterschicht dagegen polysaprobe Verhältnisse zeigt (RUTTNER 1955). Auch hierbei bieten dichtevergrößernde Fäulnisvorgänge in der Unterschicht ein ziemlich starkes Gewicht gegen die Durchmischung (BERGER 1955).

Auch bei eigenen Untersuchungen an geschichteten Dorfteichen konnten vertikale Unterschiede der Elektrolytmenge bzw. der Leitfähigkeit nachgewiesen werden.

Die außerordentlich große Phytoplankton-Produktion führt also in dem gezeigten Beispiel direkt zu einer Verstärkung der chemischen Schichtung (sehr viel O_2 in der trophogenen, sehr viel H_2S in der tropholytischen Schicht). Durch die H_2S-Akkumulation in der vom Licht abgeschnittenen Unterschicht wird die Konzentration der gelösten Stoffe erhöht und die Stabilität der Schichtung verstärkt. Dies führt dazu, daß die Unterschicht in noch stärkerem Maße von der Versorgung mit Luftsauerstoff abgesperrt wird.

b) Der Einfluß von Massenentfaltungen des Zooplanktons

Wie beeinflussen nun die Antagonisten des Phytoplanktons, die Zooplankter, den Chemismus des Wassers? Wenn wir uns auf die in dem gezeigten Beispiel absolut dominierenden Daphnien (*Daphnia magna* und *D. pulex*)[2]) beschränken, so wirkt sich deren Anwesenheit in gerade entgegengesetzter Weise aus. Große Daphnienschwärme von etwa 500 bis einigen 1000 Individuen/l sind in der Lage, einer thermischen und chemischen Schichtung des Wassers entgegenzuwirken und die vertikale Durchmischung des Wassers zu fördern. Dies ist aber eine Sekundärwirkung. Primär bewirken solche Massenentwicklungen des Zooplanktons in zahlreichen untersuchten Teichen eine starke Abnahme des Sauerstoffgehaltes. Bei Massenauftreten von *D. magna* oder *D. pulex* hält sich in den betreffenden Fällen der Sauerstoffgehalt meist ziemlich stabil zwischen 0,2 uns 1,0 mg/l, das Wasser ist auffallend klar (bakterienarm) und von niedrigem biochemischen Sauerstoffbedarf. Selbst in den Fällen, in denen schon an der Wasseroberfläche nur 0,2 mg/l Sauerstoff nachweisbar waren und wegen völliger Windstille (bei sehr mildem Septemberwetter)

[1]) *S. plancticus*, Näh. s. DREWS, PRAUSER und UHLMANN 1961.
[2]) Daß die beiden Arten nicht zu den Euplanktern gehören, kann in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden.

der Sauerstoffnachschub aus der Luft sehr gering war, enthielt selbst unmittelbar über dem Grund, in 1,20 m Tiefe, das Wasser noch 0,1 mg/l Sauerstoff. Derart geringe O_2-Mengen genügen aber schon, um eine Sulfatreduktion, das heißt das Auftreten von Schwefelwasserstoff, zu verhindern (WHEATLAND 1955). Gleichzeitig hielt sich der Großteil der Daphnien unmittelbar über dem Grund auf, weil es dort noch am meisten Nahrung (zwar keine Algen, aber Detrituspartikel bzw. Bakterien) gab. Wenn man für diesen Fall einerseits den Sauerstoffeintrag aus der Atmosphäre (Assimilations-Sauerstoff spielt im *Daphnia*-Klarwasserstadium keine Rolle) und andererseits den Sauerstoffverbrauch der Daphnien berechnet bzw. ermittelt, kommt man zu dem Ergebnis, daß die unteren Wasserschichten sehr schnell allen Sauerstoff verlieren müßten.

Da ähnliche Situationen wiederholt beobachtet werden konnten, ergab sich die zunächst sehr fragwürdig erscheinende Vermutung, daß ein von den Tieren selbst geförderter Nachschub des Sauerstoffs von oben her besteht. Die dafür notwendige Turbulenz wird offenbar von den Daphnien selbst erzeugt. Hierfür sprach auch die Beobachtung, daß *Daphnia*-Schwärme (Abb. 4), die sich in der Nähe der spärlich mit *Lemna* bedeckten Wasseroberfläche des Gutsteiches Gundorf aufhielten, einzelne *Lemna*-Inseln in lebhafte Rotation versetzten. Dies ist um so leichter möglich, als die Tiere oft nicht gleichmäßig verteilt sind, sondern spiralnebelförmige Schwärme oder auch langgestreckte Bänder („Tierstraßen") bilden. Die Individuenzahlen in solchen Ansammlungen können einige Tausend pro Liter betragen (GREEN 1955, UHLMANN 1959).

Der experimentelle Nachweis für die Turbulenz-Erregung durch Daphnien wurde folgendermaßen erbracht: Zwei Standzylinder von je 4 l Inhalt wurden mit abgestandenem Aquarienwasser gefüllt und im unteren Teil durch einen Mantel von strömendem Leitungswasser gekühlt, im oberen dagegen mittels eines Aquarienheizers geheizt (Abb. 5). Eines der beiden Gefäße wurde mit etwa 2300 jungen und mittelgroßen *Daphnia magna* pro Liter beschickt. Im Gefäß ohne Daphnien bildete sich bald nach Einschaltung der Heizung und der Kühlung eine scharfe thermische Schichtung aus. Im anderen Gefäß hingegen verzögerten die dort befindlichen Daphnien das Aufkommen dieser Schichtung. Nach dem Abstellen der Heizung und der Kühlung wurde im Daphnien-Gefäß viel schneller Homothermie erreicht als im Kontrollgefäß (Abb. 4). Während also eine Vegetationsfärbung im Sommer die chemische Schichtung fördert, wirkt eine Massenentfaltung von Daphnien dieser entgegen, indem die Tiere 1. die Austauschgröße erhöhen und 2. die Phytoplankter weitgehend wegfressen oder gar nicht erst in nennenswertem Umfang aufkommen lassen. Bei den außerordentlich großen Sauerstoffmengen, die von einer so starken *Daphnia*-Population verbraucht werden (s. UHLMANN 1959), ist die Turbulenz-Erregung die einzige Möglichkeit, einen totalen Sauerstoffschwund zu verhindern. Dies ist ein Beispiel für einen Mechanismus, mit dem eine Population gewissermaßen automatisch ihr Milieu in einer für sie selbst günstigen Richtung beeinflußt.

Abb. 4. Ein kleiner Schwarm von *Daphnia magna*, im Dorfteich Gundorf gegen eine helle Unterlage photographiert.

Ganz ähnliche Verhältnisse beobachteten GELEI (1954) und Mitarbeiter in stark durch Kot verunreinigten Weidetümpeln in Ungarn. Die dort lebenden Cladoceren „rühren durch ihr fortwährendes Herumspringen den feinen Bodenbelag ständig auf", so daß sich trotz der großen Menge an fäulnisfähigen organischen Substanzen kein Faulschlamm und kein reduktives Milieu

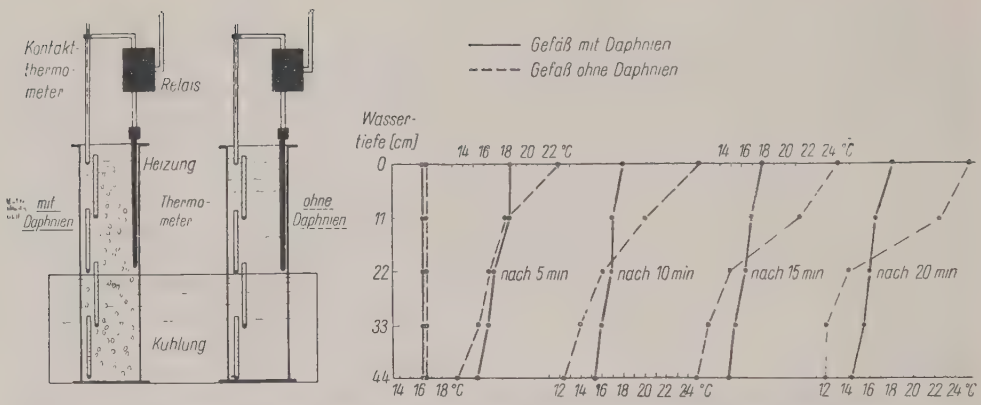


Abb. 5 A. Versuchsanordnung zum Nachweis der Turbulenz-Erregung durch Daphnien. 2 Standzylinder mit je 4 l Aquarienwasser werden im unteren Teil gekühlt, im oberen bis auf 25 °C beheizt. Die in verschiedenen Tiefen angebrachten Thermometer lassen erkennen, daß die im Kontrollgefäß bald nach Einschalten der Heizung und der Kühlung auftretende Temperaturschichtung im linken Gefäß infolge Anwesenheit der Daphnien nicht zustande kommt.

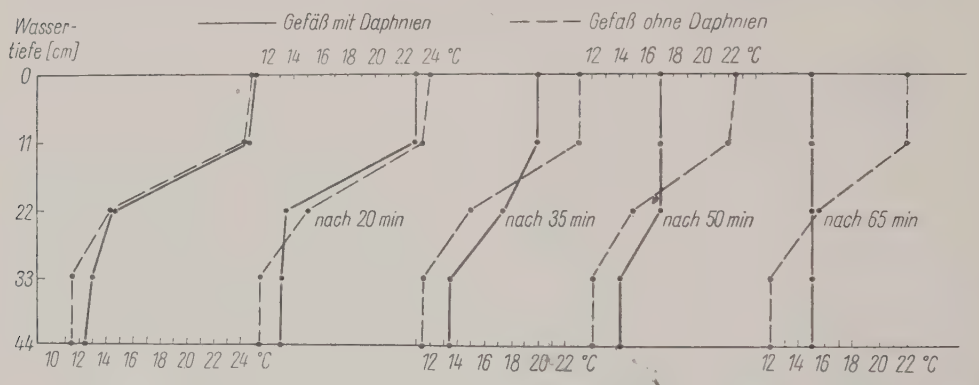


Abb. 5 B. Nach Abschaltung der Heizung und der Kühlung wird ein zunächst in beiden Gefäßen bestehendes Temperaturgefälle durch die Daphnien schnell ausgeglichen.

bilden kann, das für die Tiere tödlich wäre. Nach GELEI ist diese ökologische Kollektivleistung ein Beispiel dafür, wie ein Organismus „mit seiner ununterbrochenen Aktivität an der Aufrechterhaltung des ihm günstigsten ökologischen Zustandes teilnimmt".

Die Lebenstätigkeit der Daphnien bewirkt auch in den vom Verf. untersuchten Teichen, daß sich selbst in den tiefsten Lagen (1,80 m) der sogenannte braune Teichschlamm mit seinem Bakterienreichtum und seiner außerordentlich großen aktiven Oberfläche (Krümelstruktur) bilden bzw. halten kann. Die Eisen-III-hydroxyd-Humuskolloid-Komplexe, die einen wesentlichen Bestandteil dieses Schlammes darstellen, sind bekanntlich nur unter oxydativen Bedingungen beständig. Weiterhin lockern die in großer Menge vorhandenen Chironomidenlarven den Schlamm bis in einige Zentimeter Tiefe auf, sorgen also effektiv dafür, daß der von den Daphnien herangeführte Sauerstoff auch im Inneren des Schlammes noch wirksam wird. Die Sauerstoffspannung selbst ist aber, wie bereits erwähnt, in der ganzen Wassersäule sehr gering infolge der Atemtätigkeit der großen Daphnienmengen. Dies führt aber nun dazu, daß Oxydationsvorgänge, die an ein relativ hohes Redoxpotential gebunden sind, wie die Nitrifikation, nicht stattfinden können bzw. in den Anfängen stecken bleiben. Jedenfalls waren in den zahlreichen unter-

suchten Fällen während des *Daphnia*-Klarwasserstadiums zwar stets große Mengen Ammoniakstickstoff vorhanden, dagegen Nitrit- und Nitrat-Stickstoff fast stets nur in Spuren. Es ließ sich auch experimentell zeigen, daß Daphnien in der Lage sind, eine Nitrifikation zu verhindern. In den oben erwähnten Aquarienversuchen über den „grazing effect" zeigten sich auch hinsichtlich der Nitrifikation große Unterschiede. In den Aquarien ohne Daphnien setzte gleichzeitig mit der Vegetationsförbung eine starke Nitrifikation ein, die sich in der Abnahme der NH_3- und der Zunahme des NO_3-Stickstoffs zeigte. Hingegen blieb in den Parallelversuchen mit Daphnien nicht nur die Vegetationsfärbung, sondern auch die Nitrifikation aus: der NH_3-Stickstoff nahm nicht ab, Nitrat bildete sich überhaupt nicht. Im Aquarienversuch sind solche krassen Unterschiede (Abb. 6) nur dann möglich, wenn es den Daphnien gelingt, die Menge der Bakterien so zu verringern, daß von diesen keine augenfälligen Stoffwechselleistungen mehr zu erwarten sind. Anderenfalls wird die Nitrifikation in den *Daphnia*-Aquarien gegenüber der in den *Chlorella*-Aquarien nur mehr oder weniger verzögert (Abb. 7). Der Sauerstoffgehalt ist nicht nur in den *Chlorella*-, sondern auch in den *Daphnia*-Aquarien bei dem günstigen Verhältnis von Oberfläche zu Volumen ziemlich hoch, viel höher als in den Teichen während des *Daphnia*-Klarwasserstadiums. Dort gelingt es den Daphnien ebenfalls, aus dem freien Wasser den größten Teil der Bakterien herauszufiltrieren. Gegenüber dem Bakteriengehalt des zufließenden Abwassers zeigt das Teichwasser dann einen Rückgang der Gesamtbakterienzahl bis 99,5 %. Bei dem großen Bakterienreichtum dieses Abwassers ist das

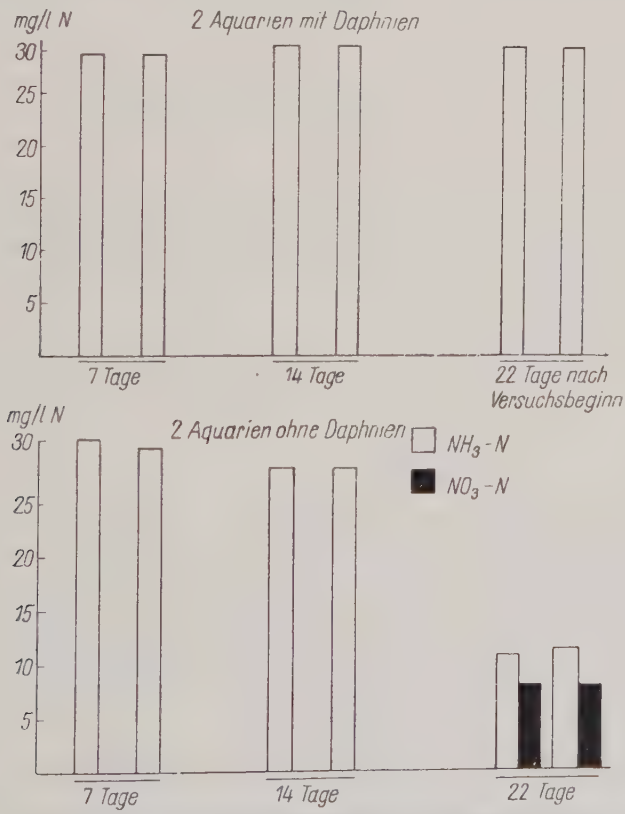


Abb. 6. Einfluß von *Daphnia magna* auf die Nitrifikation von Wasser aus dem Dorfteich Gundorf (September/Oktober 1955).

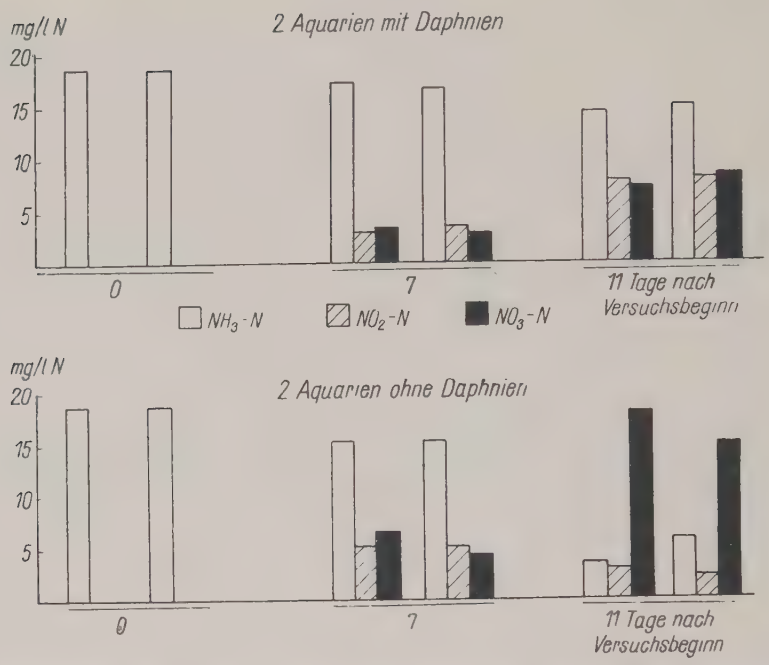


Abb. 7. Wiederholung des in Abb. 5 dargestellten Versuches (Februar 1960). Die N-Zunahme dürfte auf Ammonifikation von (reichlich vorhandenem) gelöstem organischen N zurückzuführen sein.

eine enorme Leistung (*Daphnia*-Population als „natürliches Bakterienfilter"). Die Bakterien des braunen Teichschlammes hingegen werden von den Daphnien nur in geringem Umfang eliminiert. Diese Partikel könnten sicherlich ein Wirkungszentrum für die Nitrifikanten darstellen. Aber offenbar wirkt jetzt der erwähnte extrem niedrige O_2-Gehalt in den betreffenden Teichen als begrenzender Faktor.

Da hier der Sauerstoffgehalt an der Sedimentoberfläche gerade noch ausreicht, um das Eisen in der dreiwertigen (oxydierten) Form zu erhalten, dürfte das Redoxpotential (E_7) den Wert 0,30 V nicht übersteigen. Die Nitritbildung ist aber erst im Bereich von 0,35 bis 0,40, die Nitratbildung im Bereich von 0,40 bis 0,45 V zu erwarten (MORTIMER 1941).

Ein weiterer wesentlicher Einfluß des Zooplanktons bzw. der Daphnien auf ihr Milieu besteht darin, daß diese dem Wasser nicht nur Stoffe entziehen (Sauerstoff und kompakte organische Substanz; gelöste organische Substanz spielt als Nahrung gar keine Rolle — UHLMANN 1954), sondern andererseits Stoffwechselprodukte in zum Teil beträchtlichen Mengen an das Wasser abgeben. Dadurch wird der Gehalt des Wassers an Pflanzennährstoffen, wie Kohlensäure, Ammoniak- und organischer Stickstoff sowie Phosphat, unter Umständen merklich erhöht, wie dies MARGALEF (1951) am Beispiel des Phosphates zeigte. Weiterhin geben die Daphnien ziemlich große Mengen Kot sowie gelöste Gelbstoffe (UHLMANN 1959) in ihr Wohnwasser ab. Letztere gehören möglicherweise zu den Stoffen, die in hoher Konzentration die Vermehrung der Daphnien selbst und vielleicht auch anderer Zooplankter beeinträchtigen.

Es wurde anfangs betont, daß Massenentfaltungen einzelner Arten besonders unter extremen Umweltbedingungen zustande kommen. Die *Daphnia*-Population eines Abwasserteiches bietet ein Beispiel hierfür. Sie ist auch bei extrem niedrigen Sauerstoffspannungen noch lebensfähig, verträgt relativ viel Ammoniak, kann sich, wenn keine

Algen mehr als Nahrung zur Verfügung stehen, auf allochthonen Detritus aus dem zufließenden Abwasser umstellen (Uhlmann 1954). Diese *Daphnia*-Population wirkt nun ihrerseits auf ihr Milieu zurück und vergrößert dabei dessen Einseitigkeit: extrem niedriger O_2-Gehalt, keine Oxydation der zum Teil giftigen Ammoniumverbindungen zu Nitrat, und ein so ausgeprägter grazing-effect, daß außer einigen großen, derben, als Nahrung ungeeigneten Formen (z. B. *Lepocinclis texta*) oft fast kein Phytoplankton nachweisbar ist. Selbst Bakterien fehlen im „*Daphnia*-Klarwasserstadium" im freien Wasser weitgehend. Auch die sonst anzutreffenden anderen Zooplankter (vor allem Rotatorien) treten in einem solchen Stadium kaum in Erscheinung, denn sie können schon hinsichtlich Filterleistung nicht mit *Daphnia magna* oder *D. pulex* konkurrieren. Dieses Beispiel zeigt auch, wie problematisch in diesem Fall die Anwendung des Gemeinschafts-Begriffes ist. Die bei Liebmann (1951) als β-mesosaprob eingestufte *D. magna* verhindert, wenn sie in Massen auftritt, das Erscheinen β-mesosaprober Phyto- und Zooplankter sowie die für diese Stufe zu postulierende Nitrifikation.

4 Schlußbetrachtung

Abschließend kann festgestellt werden, daß in den untersuchten Fällen der Einfluß der Organismen auf ihr Milieu offenbar um so stärker in Erscheinung tritt, je einseitiger die herrschenden Umweltbedingungen sind. Diese führen zu einseitigen Massenentfaltungen einzelner, besonders widerstandsfähiger Arten. Hingegen ist bei ausgeglicheneren Umweltbedingungen, z. B. im artenreichen Plankton eines normal eutrophen Teiches, der Wirkungswert der einzelnen Art wegen der meist viel geringeren Individuenzahl viel zu klein, als daß es zu so augenfälligen Verschiebungen des biologischen Gleichgewichtes und Einflüssen auf den Chemismus kommen könnte.

Das gestellte Thema kann auf so beschränktem Raum natürlich nicht annähernd vollständig behandelt werden. Es wurde vielmehr in erster Linie Bezug genommen auf eigene Untersuchungen an stark verschmutzten Flachgewässern, insbesondere an Abwasserteichen. Diese Biotope wurden vor allem hinsichtlich ihrer Fähigkeit untersucht, zugeleitete häusliche Abwässer zu reinigen. Der praktische Nutzen derartiger Gewässer schließt aber nicht aus, daß sich in ihnen Vorgänge abspielen, die zentrale theoretische Probleme der Limnologie und der Ökologie berühren, und es scheint sogar, daß sie für manche ökologische Untersuchungen besonders günstige Objekte darstellen, weil sie einen tiefen Einblick gewähren in die Dynamik eines Ökosystems.

5. Literatur

Anderson, G. C., Comita, C. W., and Engstrom-Heg, V., 1955: A note on the phytoplankton-zooplankton relationship in two lakes in Washington. Ecology **36**, 757—759.

Ballantine, D., and Abbott, B. C., 1957: Toxic marine flagellates; their occurence and physiological effects on animals. J. Gen. Microbiol. **16**, 274—281.

Bauer, V., 1921: Wie ernähren sich die Wasserflöhe? Allg. Fisch.-Ztg. **46**, 30—35.

Berger, F., 1955: Die Dichte natürlicher Wässer und die Konzentrations-Stabilität in Seen. Arch. Hydrobiol. Suppl. **22**, 286—294.

Caspers, H., 1950: Die Lebensgemeinschaft der Helgoländer Austernbank. Helgoländ. Wiss. Meeresuntersuch. **3**, 119—169.

Colditz, F., 1914: Beiträge zur Biologie d. Mansfelder Sees. Zschr. Wiss. Zool. **108**, 520—630.

Davis, C. C., 1958: An approach to some problems of secondary production in the western Lake Erie Region. Limnol. a. Oceanograph. **3**, 15—28.

Dehn, M., 1931: Untersuchungen über die Verdauung der Daphnien. Zschr. Vergl. Physiol. **13**, 334—358.

Dieffenbach, H., u. Sachse, R., 1912: Biologische Untersuchungen an Rädertieren in Teichgewässern. Int. Rev. Hydrobiol., Biol. Suppl. **3**, 1—94.

DREWS, G., PRAUSER, H., u. UHLMANN, D., 1961: Massenvorkommen von *Synechococcus planctiens* nov. spec., einer solitären planktischen Cyanophycee, in einem Abwasserteich. Arch. Mikrobiol. **39**, 101—115.

EDMONDSON, W. T., 1957: Trophic relations of the zooplankton. Trans. Amer. Micr. Soc. **76**, 225—245.

ERIKSON, S., 1934: Studien über die Fangapparate der Branchiopoden. Diss. Uppsala.

ЭРМАН, Л. А., 1956: О количественной стороне питания коловраток. Зоол. сп. **35**, 965—971.

(ERMAN, L. A., 1956: Über die quantitative Seite der Ernährung der Rotatorien. Zool. Ž. **35**, 965—971 [russ.].)

FOX, H. M., GILCHRIST, B. M., and PHEAR, E. A., 1951: Functions of Haemoglobin in Daphnia. Proc. R. Soc. London, Ser. B, **893**, 514—528.

GAULD, D. T., 1957: A fish cultivation experiment in an arm of a sea-loch. III. The plankton of Kyle Scotnish. Proc. Roy. Soc. Edinb. B **64**, 36—64.

GELEI, J., 1954: Über die Lebensgemeinschaft einiger temporärer Tümpel auf einer Bergwiese im Börzsönygebirge. I. Die Tümpel. Acta Biol. Acad. Sci. Hung. **5**, 221—234.

GREEN, J., 1955: Studies on a population of Daphnia magna. J. Animal Ecol. **24**, 84—97.

HARDY, A. C., and E. R. GUNTHER, 1935: The plankton of the South Georgia whaling grounds and adjacent waters, 1926—1927. Discovery Reports **11**, 1—456.

HARVEY, A. W., COOPER, L. H. N., LEBOUR, M. V., and RUSSELL, F. S., 1935: Plankton production and its control. J. Mar. Biol. Assoc. Plymouth **20**, 407—422.

LANTZSCH, K., 1914: Studien über das Nannoplankton des Zuger Sees und seine Beziehung zum Zooplankton. Z. wiss. Zool. **108**, 631—692.

LEFÈVRE, M., 1942: L'utilisation des algues d'eau douce par les cladoceres. Bull. biol. France et Belge **76**, 250—276.

— NISBET, M., et JAKOB, E., 1949: Action des substances excrétées en culture par certaines espèces d'Algues, sur le Métabolisme d'autres espèces d'Algues. Verh. Int. Ver. Limnol. **10**, 259—264.

LENZ, F., 1928: Einführung in die Biologie der Süßwasserseen. Berlin.

LIEBMANN, H., 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Bd. 1, München.

LUCAS, C. E., 1947: The ecological effects of external metabolites. Biol. Rev. Cambridge philos. Soc. **22**, 270—295.

MARGALEF, R., 1951: Rôle des Entomostraces dans le regeneration des phosphates. Verh. Int. Ver. Limnol. **11**, 246—247.

MORTIMER, C. H., 1941/42: The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. J. Ecology **29**, 280—329, **30**, 147—201.

NAUMANN, E., 1918: Über die natürliche Nahrung des limnischen Zooplanktons. Lunds Universitets Årsskr. N. F. Avd. 2, **14**, 1—48.

OHLE, W., 1956: Die Seen als Opfer der Abwasserkalamität. Ber. Abwassertechn. Ver. **7**, 268—276.

PENNINGTON, W., 1940: The control of the numbers of fresh water phytoplankton by small invertebrate animals. J. Ecol. **28**, 204—211.

PRATT, R., ONETO, J. F., and PRATT, J., 1945: Studies on Chlorella vulgaris. X. Influence of the age of the culture on the accumulation of chlorellin. Amer. J. Bot. **32**, 405—408.

PRESCOTT, G. W., 1948: Objectionable algae with reference to the killing of fish and other animals. Hydrobiologia **1**, 1—13.

RUTTNER, F., 1952: Grundriß der Limnologie. Berlin.

— 1955: Der Lunzer Mittersee, ein Quellsee mit zeitweise meromiktischer Schichtung. Arch. Hydrobiol. Suppl. **22**, 480—487.

RYTHER, J. H., 1954: Inhibitory effects of phytoplankton upon the feeding of Daphnia magna with reference to growth, reproduction and survival. Ecology **35**, 522—533.

SCHÄPERCLAUS, W., 1952: Fischerkrankungen und Fischsterben durch Massenentwicklung von Phytoplankton bei Anwesenheit von Ammoniumverbindungen. Zschr. Fisch. N. F. **1**, 29—44.

SLÁDEČEK, V., 1958: A note on the phytoplankton-zooplankton relationship. Ecology **39**, 547—549.

STAMMER, H. A., 1953: Der Einfluß von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf tierische Leitformen des Saprobiensystems. Vom Wasser **20**, 34—71.

TISCHLER, W., 1955: Synökologie d. Landtiere. Stuttgart.

UHLMANN, D., 1954: Zur Kenntnis der natürlichen Nahrung von Daphnia magna und Daphnia pulex. Z. Fisch. N. F. **3**, 449—478.

— 1959: Untersuchungen über die biologische Selbstreinigung häuslichen Abwassers in Teichen. Wiss. Zschr. Univ. Leipzig **8**, 17—66.

Weimann, R., 1939: Über Plankton. Düngung und Fischerträge in niederschlesischen Karpfenteichen. Arch. Hydrobiol. **34**, 659—693.
Wetzel, A., 1928: Der Faulschlamm und seine ciliaten Leitformen. Zschr. Morphol. Ökol. **13**, 181—328.
Wheatland, A. B., 1955: Some factors affecting the presence of sulphide in a polluted estuary. Verh. Int. Ver. Limnol. **12**, 772—783.
Woltereck, R., 1908: Die natürliche Nahrung pelagischer Cladoceren und die Rolle des Zentrifugenplanktons im Süßwasser. Int. Rev. Hydrobiol. **1**, 871—874.
Wuhrmann, K., u. Woker, H., 1948: Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. Schweiz. Zschr. Hydrobiol. **10**, 210—244.

Nachtrag während der Korrektur:

Bick, H, 1960: Ökologische Untersuchungen an Ciliaten und anderen Organismen aus verunreinigten Gewässern. Arch. Hydrobiol. **56**, 378—394.

Dr. Dietrich Uhlmann
Zoologisches Institut der
Karl-Marx-Universität Leipzig
Abteilung für Trink-, Brauch- und
Abwasserbiologie
Leipzig C 1
Talstraße 33

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	130—161

Günther Walter und Rolf Scharf

Laboratorium der Gewässeraufsicht der Wasserwirtschaftsdirektion Spree-Oder-Neiße

DAS BIOLOGISCHE GÜTEBILD DER UNTEREN ODER UND DER LAUSITZER NEISSE

Unserem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Arno Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Physiographischer Teil 130
   a) Geographische Lage und geologische Verhältnisse 130
   b) Untersuchungsstellen 131
   c) Wasserführung und Strömung 131
   d) Wassertemperaturen 133
2. Chemischer Teil 134
3. Biologischer Teil 140
   a) Methodik 140
   b) Die biologischen, Güteläng sschnitte im Vergleich zu den chemischen Ergebnissen . . 140
      α) Lausitzer Neiße 140
      β) Oder 142
   c) Der Einfluß einiger Faktoren auf die Biologie von Neiße und Oder 143
      α) Strömung 143
      β) Temperatur und Selbstreinigung 143
      γ) Phenole 144
   d) Die Bedeutung des Planktons für die biologische Güteklassifizierung der Oder . . 144
4. Zusammenfassung 160
5. Literatur 160

Die vorliegenden Untersuchungen erfolgten 1958 bis 1959 im Laboratorium der Gewässeraufsicht der Wasserwirtschaftsdirektion Spree-Oder-Neiße. Ihr engeres Ziel war die Erforschung der biologischen und chemischen Verhältnisse der unteren Oder unter Berücksichtigung ihrer größten Nebenflüsse.

Besonderer Dank gilt dem Amt für Wasserwirtschaft, Berlin, für das dieser Arbeit entgegengebrachte Interesse.

1. Physiographischer Teil

a) Geographische Lage und geologische Verhältnisse

Die Lausitzer Neiße, einer der größten linken Nebenflüsse der Oder, entspringt in den Sudeten in 777 m ü. NN und mündet nach 256 km Fließstrecke bei 31,7 m ü. NN nördlich Guben in die Oder. Das gesamte Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße beträgt etwa 4200 km². Sie durchfließt das tertiäre Zittauer Becken, durchschneidet das Lausitzer Granitmassiv und durchfließt ab Görlitz im wesentlichen sandige, kiesige sowie tonige und humose Bildungen holozänen Ursprungs: das Magdeburger und das Glogau-Baruther Urstromtal. Nördlich Forst durchschneidet die Neiße die Grund- und Endmoränen des Brandenburgischen Stadiums.

Die Oder entspringt in den Oderbergen bei etwa 650 m ü. NN. Sie fließt durch die Mährische Pforte zwischen den Sudeten und Beskiden, wendet sich, von Raciborz schiffbar, nach Nordwesten und Norden und durchfließt eine Tieflandsbucht. Das Odertal wird bis zum Oderhaff von holozänen Ablagerungen aufgebaut. Diese setzen sich, wie im Neißetal, aus sandigen, kiesigen, tonigen und humosen Sedimenten zusammen. Das Odertal liegt in den Moränengebieten des

Brandenburger Stadiums, in dem Berlin-Warschauer Urstromtal, dem Frankfurter Stadium, dem Eberswalder Urstromtal und dem Pommerschen Stadium.

Das Gesamteinzugsgebiet der Oder beträgt 114605 km².

b) Untersuchungsstellen (vgl. Abb. 1)

Die gesamte Untersuchungsstrecke der Lausitzer Neiße und der Oder betrug 381 km; außerdem wurden etwa 60 km der Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße (Ho-Frie-Wa) und Westoder untersucht. Die Festlegung der Untersuchungsstellen erfolgte nach den Gesichtspunkten einer weitgehenden Erfassung der gesamten betreffenden Flußstrecken und ihrer Beeinflussung durch Nebenflüsse und Abwassereinleiter. Die geographische Lage der einzelnen Entnahmestellen ist in Abb. 1 dargestellt; im folgenden sind sie nach Numerierung und Flußkilometern aufgeführt.

1.	Lausitzer Neiße	Dreiländereck	Fl.km	198
2.		unterhalb Zittau	Fl.km	194
3.		oberhalb Hirschfelde	Fl.km	188
4.		unterhalb Hirschfelde	Fl.km	186
5.		oberhalb Görlitz	Fl.km	158
6.		unterhalb Görlitz	Fl.km	149
7.		unterhalb Zodel	Fl.km	140
8.		unterhalb Steinbach	Fl.km	108
9.		oberhalb Muskau	Fl.km	80
10.		unterhalb Muskau	Fl.km	72
11.		oberhalb Forst	Fl.km	55
12.		unterhalb Forst	Fl.km	45
13.		oberhalb Guben	Fl.km	20
14.		unterhalb Guben	Fl.km	12
15		oberhalb Einmündung in die Oder	Fl.km	1
16.	Oder	oberhalb Einmündung der Neiße	Fl.km	540
17.		oberhalb Fürstenberg	Fl.km	552
18.		unterhalb Fürstenberg	Fl.km	566
19.		oberhalb Frankfurt (Oder)	Fl.km	581
20.		unterhalb Frankfurt (Oder)	Fl.km	593
21.		Kietz, oberhalb Wartamündung	Fl.km	615
22.	Warta	oberhalb Einmündung in die Oder	Fl.km	1
23.	Oder	Kienitz	Fl.km	634
24.		Hohenwutzen	Fl.km	662
25.		Schwedt	Fl.km	690
26.		Gryfino	Fl.km	719
27.		oberhalb Szczecin	Fl.km	729
28.	Ho-Frie-Wa	Hohensaaten		
29.	Westoder	Schwedt		
30.		unterhalb Mescherin		
31.		oberhalb Szczecin		

c) Wasserführung und Strömung

Für die Lausitzer Neiße (Pegel Guben), die Oder (Pegel Fürstenberg und Hohensaaten) werden die folgenden Hauptzahlen für die Abflußmengen zugrunde gelegt.

	NNQ m³/s	NQ m³/s	MNQ m³/s	MQ m³/s
Lausitzer Neiße				
Pegel Guben (1936—1940)	6,46	7,77	11,0	32,3
Oder				
Pegel Fürstenberg (1936—1950)	73,6	73,6	118	314
Pegel Hohensaaten (1946—1955)	116	175	213	458

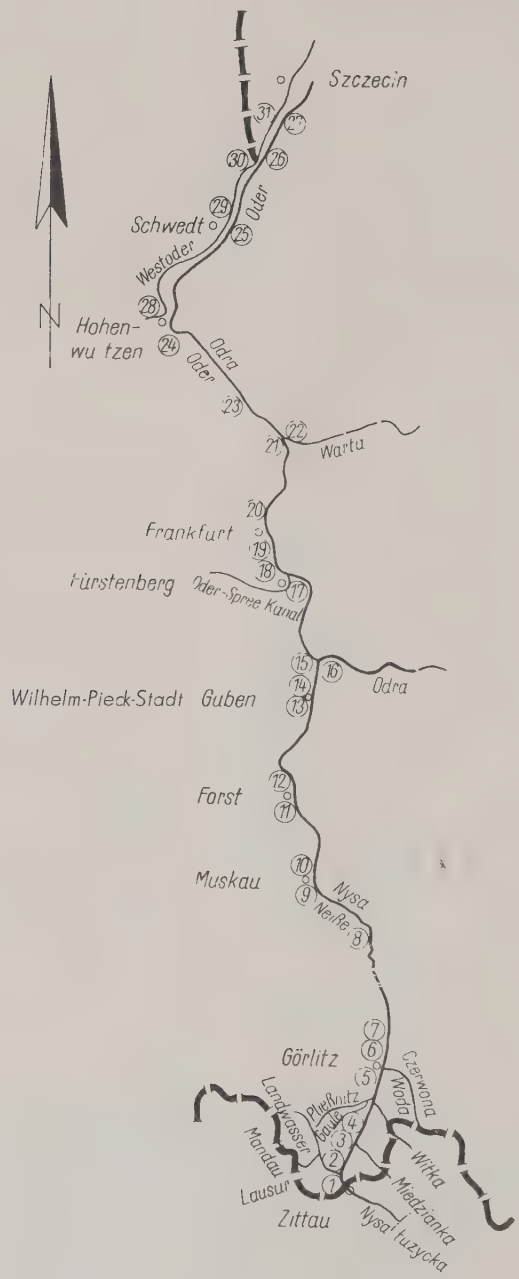


Abb. 1. Übersichtskarte über die Lage der Untersuchungsstellen an der Lausitzer Neiße und der Oder.

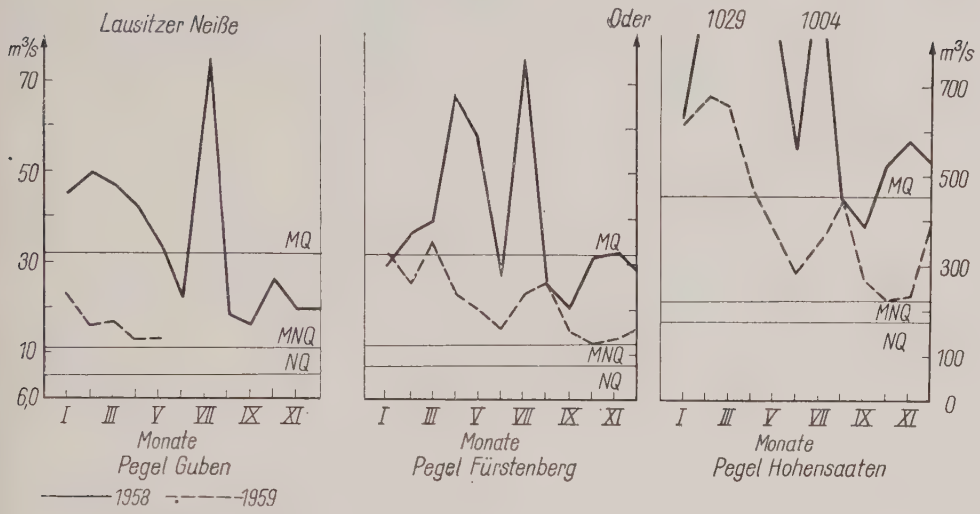


Abb. 2. Graphische Darstellung der mittleren monatlichen Wasserführungen in den Jahren 1958 und 1959 an den Pegeln Guben, Fürstenberg und Hohensaaten.

Die Wasserführungen der Lausitzer Neiße und Oder lagen an den einzelnen Entnahmetagen vorwiegend im Bereich der MNQ- und MQ-Werte. Lediglich während der Untersuchungen im Oktober 1958 und in den Monaten März, Juli und August 1959 traten in der Oder erhöhte Wasserführungen auf. Mittlere monatliche Abflußmengen der Jahre 1958/59 sind in Abb. 2 dargestellt.

Die Fließgeschwindigkeiten erreichten bei größeren Abflüssen als MQ in der Oder 1,0 bis 1,1 m/s. Bei mittleren Abflußmengen (MQ) lagen sie bei etwa 0,9 m/s.

Zur Zeit der biologischen Untersuchungen herrschten folgende Abflußverhältnisse:

	Datum	m³/s	Pegelstand cm	Fließgeschwindigkeit m/s
Lausitzer Neiße				
Pegel Guben	27. 10. 1958	28,2	100	
	27. 6. 1959	nicht meßbar	— 22[1])	
Oder				
Pegel Fürstenberg	20. 10. 1958	489	386	0,8 bis 0,9
	29. 6. 1959	136	212	0,7 bis 0,8
Pegel Hohensaaten	22. 10. 1958	642	343	0,85 bis 0,95
	1. 7. 1959	244	176	0,6 bis 0,7

[1]) Nullstand des Pegels mit 22 cm unterschritten.

In der Oder bei Fürstenberg bewegten sich die Wasserstände an den Tagen der monatlichen chemischen Probenentnahmen 1958 zwischen 240 und 450 cm und 1959 zwischen 150 und 380 cm. Das aus diesen Werten errechnete Mittel ergab einen Wasserstand von 280 cm. Bei Hohensaaten wurden während der monatlichen Probenentnahmen Wasserstände von 240 bis 500 cm ermittelt. Die bei Guben abgelesenen Wasserstände lagen an den Tagen der monatlichen Probenentnahmen im Mittel bei 86 cm und im Maximum bei 148 cm.

Während der Flußbereisung der Oder im Juni/Juli 1959 wurde eine Fließzeit von Flußkilometer 540 (oberhalb Neißemündung) bis 584 (Frankfurt/Oder) von etwa 14 Stunden und von Flußkilometer 584 (Frankfurt Oder) bis 729 (oberhalb Szczecin) von etwa 63 Stunden ermittelt. Die gesamte Fließzeit auf dieser Strecke betrug somit etwa 77 Stunden.

d) Wassertemperaturen (WT)

Die Wassertemperaturen erreichten in der Lausitzer Neiße in den Wintermonaten nur selten ± 0 °C; im allgemeinen wurden in den Monaten Januar, Februar und März 1 bis 3 °C festgestellt.

Tabelle 1. Chemische Untersuchungsergebnisse der

Chemische Ergebnisse 1958/59		Lausitzer Neiße 1.	2.	3.	4.	5.	6.
Wassertemperatur °C	Min.	± 0	2	1	11	4	4
	Max.	23	23	23	41	24	23
pH-Wert	Min.	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Max.	7,4	8,6	8,0	7,5	7,4	7,5
Abfiltr. St. mg/l	Min.	10	7	7	39	3	9
	Max.	61	72	47	170	121	105
Abd. Rückst. mg/l	Min.	194	271	223	299	211	209
	Max.	240	425	391	421	322	292
Ges. Härte °dH	Min.	3,4	5,1	4,5	4,8	4,5	4,7
	Max.	5,8	7,6	8,1	8,9	7,3	7,9
Alkalität mval/l	Min.	0,6	1,4	1,1	1,1	1,0	1,0
	Max.	1,9	2,9	2,7	2,6	1,8	1,9
Sulfate mg/l	Min.	42	55	60	63	47	48
	Max.	52	86	92	111	89	91
Chloride mg/l	Min.	14	21	17	18	16	18
	Max.	33	74	56	56	44	43
Nitrate mg/l	Max.	12	8	14	11	13	55
Ammonium mg/l	Max.	2,9	3,5	3,3	1,5	1,3	1,7
$KMnO_4$-Verbr. mg/l	Min.	16	23	19	28	16	17
	Max.	64	118	70	130	56	59
BSB_5 mg/l	Min.	3	12	6	4	1,2	4,5
	Max.	16	56	19	13	6	8
Sauerstoff mg/l	Min.	7,1	2,6	3	3,7	6,4	6,6
	Max.	12,1	11,2	12,0	10,1	11,7	11,7
Wasserd.fl. Phenole mg/l	Min.	0,008	0,015	0,02	0,028	0,004	0,008
	Max.	0,082	0,571	0,258	0,56	0,024	0,357

In der Lausitzer Neiße unterhalb Hirschfelde stieg die Temperatur infolge der Einleitung von Kühlwässern des Kraftwerkes Hirschfelde stark an und erreichte in der kalten Jahreszeit bis 16 °C. Im Sommerhalbjahr konnten in der Lausitzer Neiße unterhalb Hirschfelde Wassertemperaturen bis 41 °C gemessen werden. Während der sehr warmen Jahreszeit lagen die Wassertemperaturen an sämtlichen Entnahmestellen der Lausitzer Neiße und der Oder zwischen 20 und 24 °C.

2. Chemischer Teil

Die Extremwerte der monatlichen chemischen Analysen der Jahre 1958/59 sind aus den Tabellen 1 und 2 ersichtlich, die Minima und Maxima für den pH-Wert, gelösten Sauerstoff, BSB_5, Kaliumpermanganatverbrauch und wasserdampfflüchtige Phenole sind in den Abb. 3, 4 und 5 graphisch dargestellt.

pH-Wert (s. Abb. 3 und 4)

Die Mittelwerte des pH-Wertes lagen 1958 (Abb. 3) an den einzelnen Entnahmestellen der Lausitzer Neiße und der Oder zwischen 6,9 und 7,2. Die Minima und Maxima wichen nur wenig von den Mittelwerten ab. Lediglich in der Lausitzer Neiße unterhalb Zittau wurde 1959 (Abb. 4) zeitweise ein pH-Wert von 8,5 festgestellt, der auf stoßweise Einleitung von Abwasser schließen läßt. In der Oder bewegte sich der pH-Wert zwischen den einzelnen Entnahmestellen im Mittel von 7,4 bis 7,7.

Lausitzer Neiße — Minima und Maxima der Jahre 1958 und 1959

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
2	2	2	2	1	1	1	1	1
21	21	20	20	22	24	21	22	24
6,8	7,0	6,8	6,9	6,9	6,4	6,5	6,9	6,9
7,5	7,4	7,5	7,3	7,2	7,4	7,5	7,5	7,5
8	6	4	2	3	10	6	7	8
122	71	60	68	69	61	36	48	51
245	210	211	215	174	216	182	194	20
314	295	264	255	248	249	396	246	264
4,6	4,7	4,2	4,3	2,7	3,6	3,9	4,5	4,5
7,4	6,6	5,6	5,7	6,5	6,3	7,0	7,3	7,0
1,0	1,0	0,8	0,9	0,7	0,6	0,6	0,8	0,7
2,0	1,8	1,3	1,5	1,3	1,4	1,4	1,9	1,6
49	49	54	54	27	43	41	38	33
81	87	89	91	66	76	71	71	70
17	18	19	19	18	18	18	18	18
43	37	28	28	36	39	32	36	30
13	11	8	9	9	8	9	6	6
0,8	0,8	0,5	0,4	1,5	2,0	1,5	1,5	1,0
15	16	14	12	11	14	13	7	8
63	50	56	61	30	43	37	38	38
2,5	2,0	1,3	1,5	1,3	4,9	1,9	1,8	1,6
16	11	6	6	8	11	7	11	8
6,3	7,9	8,5	10,0	7,2	7,0	7,7	7,3	6,5
11,7	11,9	12,0	10,5	13,0	12,8	14,1	13,6	13,8
0,013	0,008	0,009	0,004	0,001	0,002	0,001	0,03	0,001
0,160	0,078	0,036	0,03	0,035	0,50	0,027	0,75	0,081

Schwebestoffe

In der Lausitzer Neiße im Raum Zittau-Hirschfelde erfuhr der Gehalt an Schwebestoffen infolge Einleitung von Abwasser eine starke Erhöhung. Es wurden hier bis 170 mg/l Schwebestoffe ermittelt. Oberhalb Görlitz lagen die Gehalte an Schwebestoffen im Mittel bei 40 mg/l. Durch Abwassereinleitungen erhöhten sich unterhalb Görlitz und unterhalb Forst die Jahresmittelwerte um etwa 10 mg/l. In der Oder lagen die Mittelwerte für Schwebestoffe im allgemeinen zwischen 15 und 25 mg/l.

Gesamthärte

Am Dreiländereck hatte das Neißewasser durchschnittlich eine Gesamthärte von 4° dH, die bis unterhalb Hirschfelde auf 7° dH anstieg. Im weiteren Lauf der Lausitzer Neiße sank die Gesamthärte entsprechend den Wasserzuführungen durch Nebenflüsse allmählich um etwa 2° dH ab. In der Oder bewegten sich die Mittelwerte der Gesamthärte zwischen den einzelnen Entnahmestellen von 8 bis 11° dH.

Alkalität

Die Alkalitätsbestimmungen ergaben in der Lausitzer Neiße relativ hohe Werte: unterhalb Zittau lagen die aus den Alkalitäten ermittelten Carbonathärten zeitweise über den Werten der Gesamthärte, so daß angenommen werden muß, daß die Alkalität zum Teil durch Alkalihydrocarbonate bedingt ist.

Tabelle 2. Chemische Untersuchungsergebnisse der Oder. Minima und Maxima der Jahre 1958 und 1959

Chemische Ergebnisse 1958/59		Oder 17.	18.	19.	20.	21.	23.	24.	25.
Wassertemperatur °C	Min.	1	1	1	1	± 0	1	1	± 0
	Max.	22	23	23	24	23	23	23	22
pH-Wert	Min.	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2
	Max.	7,8	7,3	8,0	7,7	8,1	8,0	8,1	8,2
Abfiltr. St. mg/l	Min.	10	7	12	8	8	8	5	9
	Max.	29	25	25	33	26	35	33	23
Abd. Rückst. mg/l	Min.	268	320	286	244	290	310	304	302
	Max.	452	420	418	418	418	409	444	454
Gesamt-Härte °dH	Min.	4,5	7,4	6,4	6,4	6,4	6,7	7,2	7,4
	Max.	10,0	11,0	12,0	12,0	12,1	12,0	12,3	12,7
Alkalität mval/l	Min	1,2	1,3	1,1	1,4	1,6	1,4	1,6	1,5
	Max.	2,2	2,4	3,1	2,7	2,8	2,6	3,0	3,8
Sulfate mg/l	Min.	37	33	40	53	79	78	52	45
	Max.	74	98	84	89	86	84	68	72
Chloride mg/l	Min.	39	46	36	36	36	36	36	39
	Max.	103	117	128	128	131	117	107	96
Nitrate mg/l	Max.	6	3	9	11	9	10	10	9
Ammonium mg/l	Max.	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,0
$KMnO_4$-Verbrauch mg/l	Min.	22	25	24	24	25	22	24	22
	Max.	56	60	62	65	70	62	47	45
BSB_5 mg/l	Min.	1,1	1,0	1,0	2,1	2,0	2,0	3,3	2,5
	Max.	7,5	7,0	7,5	7,0	8,0	12,5	8,2	6,5
Sauerstoff mg/l	Min.	6,0	8,1	5,9	5,9	6,4	6,6	6,8	5,9
	Max.	13,1	12,9	12,5	12,7	12,8	14,0	14,1	13,7
Wasserd.fl. Phenole mg/l	Min.	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,001	0,001
	Max.	0,16	0,16	0,055	0,06	0,055	0,072	0,08	0,072

Chloride

Die Chloride unterlagen in der Lausitzer Neiße und in der Oder an den einzelnen Entnahmestellen zeitlich bedeutenden Schwankungen. Lediglich unterhalb Zittau war in der Lausitzer Neiße eine mäßige Erhöhung des Chloridgehaltes infolge Abwassereinleitungen festzustellen. Die Chloridgehalte des Oderwassers bewegten sich an den einzelnen Entnahmestellen zwischen 36 und 131 mg/l.

Sulfate

Die Sulfatgehalte lagen in ähnlichen Bereichen wie die Chloridgehalte. Sie schwankten in der Lausitzer Neiße und in der Oder zwischen 30 und 110 mg/l.

Eisen

Der Gesamteisengehalt des Neiße- und Oderwassers lag zwischen 0,4 und 2,2 bzw. 0,4 und 2,0 mg/l.

Stickstoffverbindungen

Der Gehalt an Ammoniak- und Nitritstickstoff war in der Lausitzer Neiße und der Oder sehr gering. Bei Nitriten wurden nur vereinzelt größere Gehalte als 0,1 mg/l gefunden; meist konnten nur Spuren (< 0,1 mg/l) nachgewiesen werden. Ähnlich verhielt es sich mit dem Ammoniakgehalt in der Lausitzer Neiße und in der Oder. Im allgemeinen

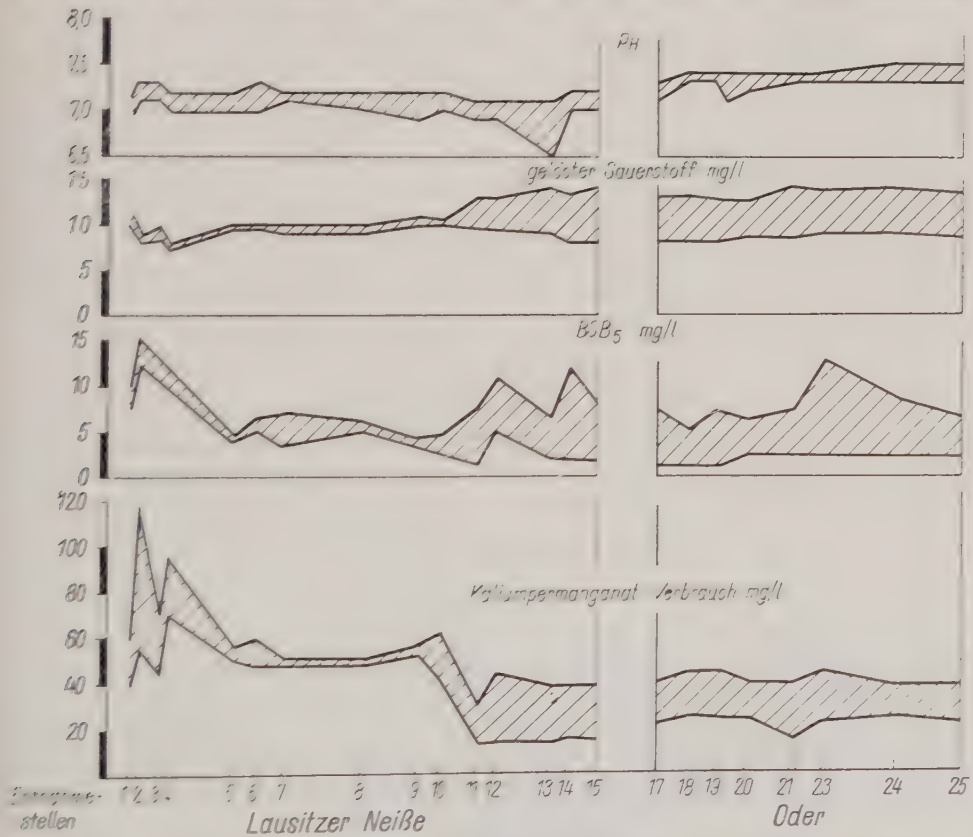


Abb. 3. pH-Wert, gelöster Sauerstoff, BSB_5, Kaliumpermanganatverbrauch. Darstellung der Minima und Maxima des Jahres 1958 an den Untersuchungsstellen der Lausitzer Neiße und Oder.

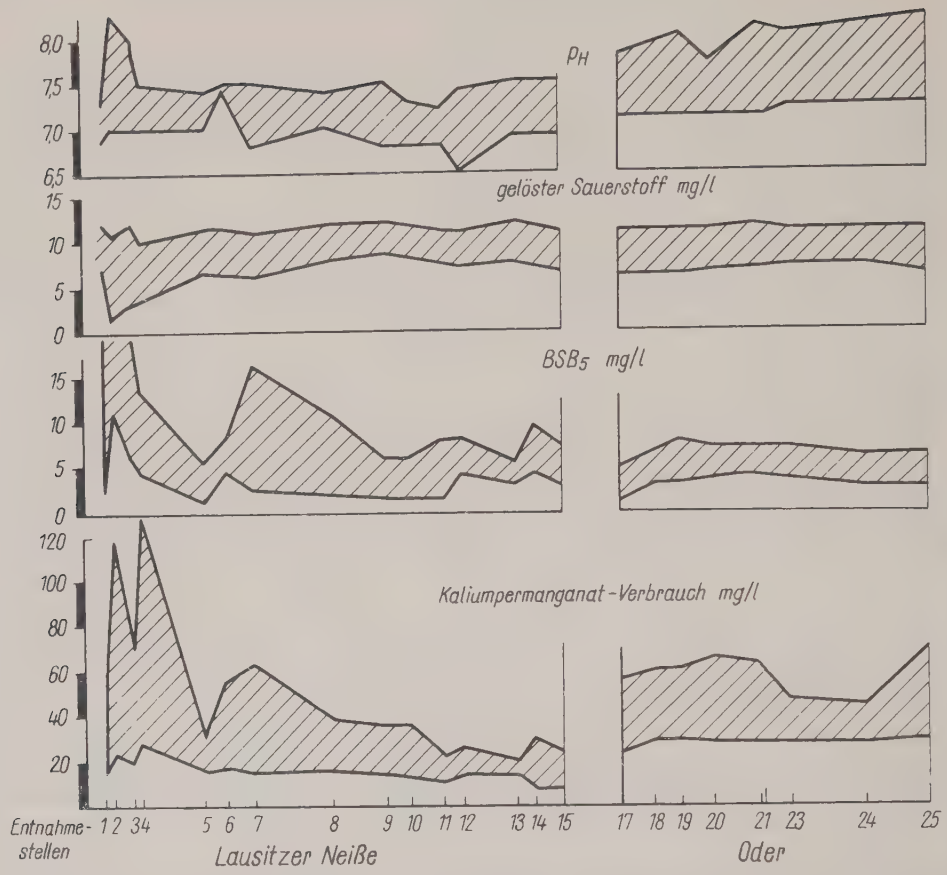


Abb. 4. pH-Wert, gelöster Sauerstoff, BSB_5, Kaliumpermanganatverbrauch. Darstellung der Minima und Maxima des Jahres 1959 an den Untersuchungsstellen der Lausitzer Neiße und der Oder.

lagen die ermittelten Werte unter 1 mg/l. Unterhalb Zittau waren infolge Einleitung häuslicher Abwässer zeitweise bis 4 mg/l NH_4 vorhanden. Die Maximalwerte für Nitrate bewegten sich an den einzelnen Entnahmestellen der Lausitzer Neiße und der Oder zwischen 3 und 15 mg/l NO_3.

Gelöster Sauerstoff (Abb. 3 und 4)

In dem stärker mit Abwasser belasteten Abschnitt der Lausitzer Neiße im Raum Zittau-Hirschfelde wurden als ungünstigster Sättigungswert 19% ermittelt. Der Durchschnittswert des Sauerstoffgehaltes lag hier bei 55% der Sättigung. In der Lausitzer Neiße ab Görlitz und in der Oder betrugen die Sauerstoffsättigungen nur selten weniger als 70%. Im Mittel bewegte sich der Sauerstoffgehalt der Lausitzer Neiße ab Görlitz und der Oder zwischen 80 und 95% der Sättigung. Zeitweise wurde in der Oder eine Sauerstoffübersättigung bis 108% erreicht. Die Minima und Maxima der Sauerstoffgehalte an den einzelnen Entnahmestellen der Jahre 1958 und 1959 sind aus den Abb. 3 und 4 ersichtlich.

BSB_5 (Abb. 3 und 4)

Die Werte des 5tägigen biochemischen Sauerstoffbedarfs der Lausitzer Neiße zeigten unterhalb Zittau eine starke organische Verschmutzung durch Abwassereinleitung an. Es

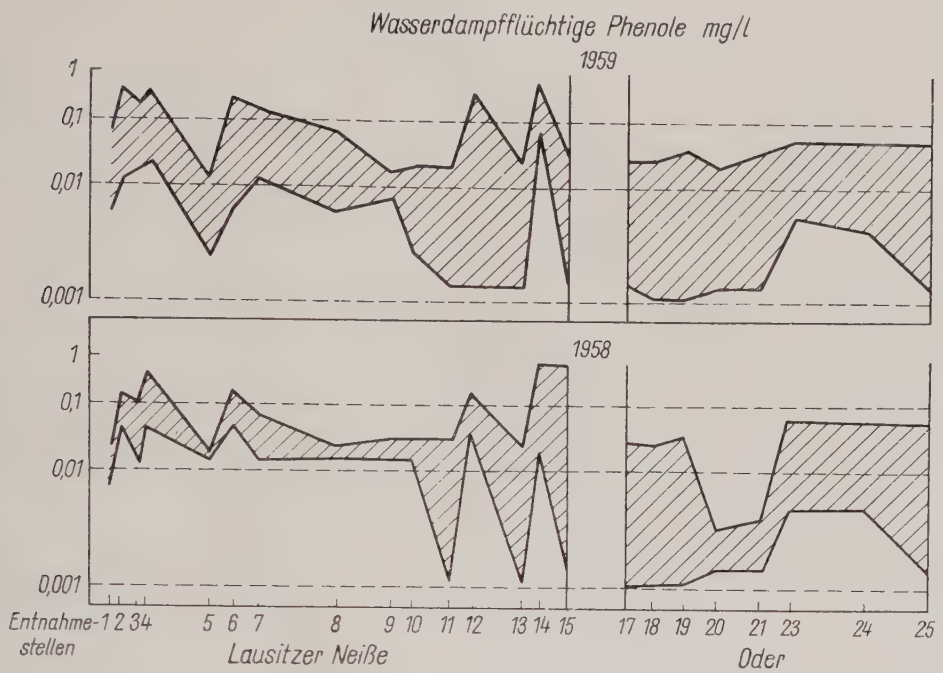


Abb. 5. Wasserdampfflüchtige Phenole 1958 und 1959. Darstellung der Minima und der Maxima an den Untersuchungsstellen der Lausitzer Neiße und der Oder. Die Auftragung erfolgte logarithmisch.

wurden maximal 56 mg/l BSB_5 ermittelt. Der Durchschnittswert lag hier bei 26 mg/l. Unterhalb Görlitz betrug der BSB_5 maximal 16 mg/l und unterhalb Forst/Guben 11 mg/l. In der Oder wurden mittlere BSB_5-Werte von 5 mg/l festgestellt.

Kaliumpermanganatverbrauch (Abb. 3 und 4)

Als Folge der Belastung mit Abwasser stieg der Kaliumpermanganatverbrauch der Lausitzer Neiße unterhalb Zittau und unterhalb Hirschfelde auf maximal 113 bzw. 130mg/l an. Ab Guben bis zur Mündung in die Oder zeigte die Lausitzer Neiße im Mittel etwa 40 mg/l Kaliumpermanganatverbrauch. Das Oderwasser hatte an den einzelnen Entnahmestellen einen Kaliumpermanganatverbrauch von 30 bis 40 mg/l Mittel.

Wasserdampfflüchtige Phenole (Abb. 5.)

Erhöhte Gehalte an wasserdampfflüchtigen Phenolen wurden in der Lausitzer Neiße unterhalb Zittau, unterhalb Hirschfelde, unterhalb Görlitz, unterhalb Forst und unterhalb Guben nachgewiesen. Die Durchschnittswerte lagen an den genannten Entnahmestellen bei 0,1 und 0,2 mg/l. Die Phenole erfuhren unterhalb der Einleitungsstellen in relativ kurzen Fließstrecken eine Erniedrigung auf 0,01 bis 0,02 mg/l im Durchschnitt. Bei Frankfurt (Oder) lagen die Gehalte an wasserdampfflüchtigen Phenolen im Mittel bei 0,04 mg/l und im Raum Schwedt bei 0,02 mg/l.

Zwei Phenoleinbrüche im Jahre 1959 führten in der Lausitzer Neiße im Raum Hirschfelde kurzzeitig zu Phenolgehalten von 5,1 bzw. 34 mg/l (in Abb. 5 nicht berücksichtigt).

3. Biologischer Teil

a) Methodik

Die biologischen Untersuchungen erfolgten bei zwei ausführlichen Flußbereisungen im Oktober 1958 und Juni/Juli 1959. Die Bereisung der Oder wurde mit einem Untersuchungsschiff durchgeführt.

An jeder Entnahmestelle wurden mehrere Proben entnommen: die Makrofauna des Bodens, die Makroflora, die Mikrolebewelt der Schlamm-Wasser-Kontaktzone bzw. des Flußgrundes, die Mikrolebewelt von Zotten und Watten, die Mikrolebewelt des Aufwuchses und das Plankton bzw. Seston.

Die Entnahme der Makrofauna erfolgte bei feinkörnigem Bodengrund quantitativ mit Bodengreifer oder Pfahlkratzer; bei steinigem Grund wurden verschiedene Steine auf Besatz untersucht. Die Proben wurden auf 1 m²-Fläche bezogen. Zur qualitativen Erfassung der Organismen am Grunde fand die Dredge Anwendung.

Die Probenahmen der Schlamm-Wasser-Kontaktzone erfolgten mit dem Schlammheber nach Wetzel (1928) bzw. auf direktem Wege.

Der Aufwuchs wurde durch Abkratzen von etwa 3 cm³ Substanz gewonnen und die vorhandene Menge auf 0,1 m² Aufwuchsfläche unter Berücksichtigung der makroskopisch feststellbaren Häufigkeit, speziell bei der mikroskopischen Auswertung, bezogen.

Die Anreicherung von Seston geschah durch Filtration von 20 l Oberflächenwasser durch ein Planktonnetz (Müllergaze Nr. 25).

Die Bestimmung erfolgte sofort nach Probeentnahme an Ort und Stelle: Nachbestimmungen wurden an fixiertem Material durchgeführt. Da das Einzelvorkommen vieler Arten keine Aussage über den spezifischen Charakter des Gewässers zuläßt, wurde versucht, die Leitformen und darüber hinaus die gesamte Lebensgemeinschaft in ihrer Häufigkeit so vollständig wie möglich zu erfassen.

Die mikroskopische Durchmusterung der Proben (100 Sehfelder) wurde in einer Petrischale von 90 mm Durchmesser bei 78facher Vergrößerung vorgenommen.

Zur Darstellung der Häufigkeit der verschiedenen Arten erwiesen sich das Kreissystem nach Wetzel (1928) und folgende Häufigkeitsklassen als günstig:

Einzelfund		1	∘
bis 10 Organismen in 100 Sehfeldern	Häufigkeitswert	4	○
bis 50 Organismen in 100 Sehfeldern	Häufigkeitswert	7	◔
bis 150 Organismen in 100 Sehfeldern	Häufigkeitswert	10	◑
bis 250 Organismen in 100 Sehfeldern	Häufigkeitswert	13	◕
üb. 250 Organismen in 100 Sehfeldern	Häufigkeitswert	16	●

Bei der Makrofauna wurden die Häufigkeitsklassen auf 1 m² Bodenfläche bezogen.

Die Einordnung der Organismen in das Saprobiensystem erfolgte nach Liebmann (1951).

Die Errechnung der Saprobieindices und die Darstellung der Gütelinie der Gewässer erfolgte nach Pantle und Buck (1955). In Abb. 5 und 6 befinden sich neben der biologischen Gütelinie nach Pantle und Buck die biologischen Gütelängsschnitte nach Knöpp (1954/55).

Die Häufigkeitswerte sämtlicher an den einzelnen Entnahmestellen vorkommenden Leitformen wurden in der Darstellung nach Knöpp getrennt nach den Saprobiestufen addiert und graphisch dargestellt. Ausgehend von der Abszisse (0-Linie) wurden die Summenwerte der die oligosaproben und β-mesosaproben Verhältnisse anzeigenden Organismen getrennt nach oben und die der α-meso- und polysaproben getrennt nach unten aufgetragen. Die einzelnen Meßpunkte verbunden, ergaben die Gütelängsschnitte. Aus den biologischen Gütelängsschnitten nach Knöpp ist sowohl die Häufigkeit der den verschiedenen Saprobiestufen angehörenden Leitformen als auch die Gesamthäufigkeit der Leitformen ersichtlich.

b) Die biologischen Gütelängsschnitte im Vergleich zu den chemischen Ergebnissen (Abb. 6 und 7)

α) Lausitzer Neiße

Der Gütelängsschnitt nach Pantle und Buck zeigt die Lausitzer Neiße als streckenweise stärker organisch belasteten Fluß mit guter Selbstreinigung auf.

Im Oktober 1958 (Abb. 6) war der Fluß bereits oberhalb Zittau organisch belastet und lag an dem β-/α-mesosaproben Grenzbereich. Im Raum Zittau erhöhte sich der

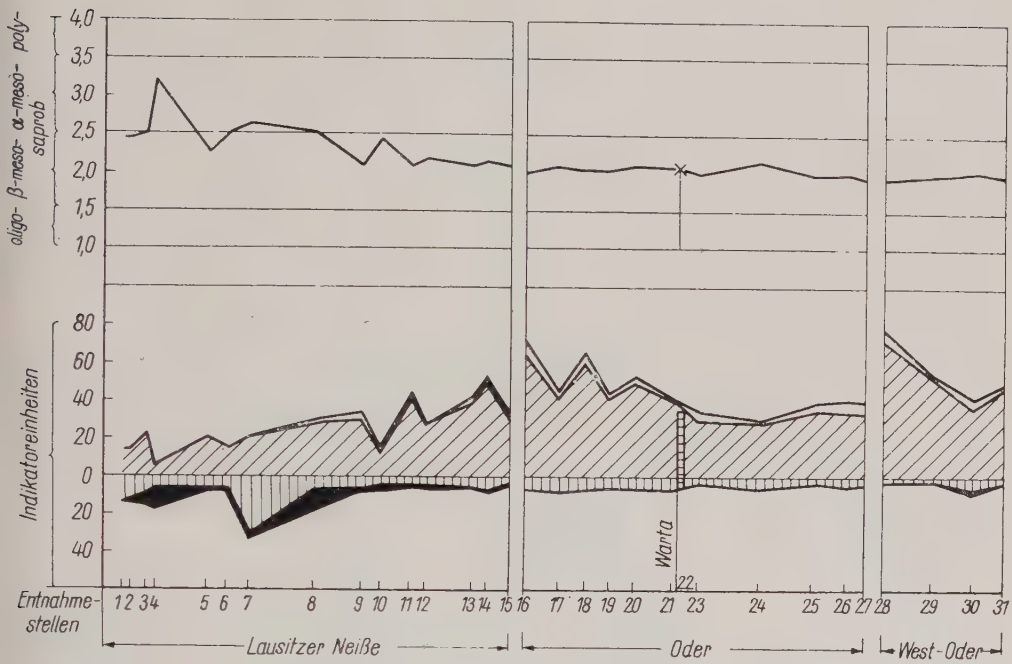


Abb. 6. Biologischer Gütelängsschnitt der Lausitzer Neiße, Oder und Westoder als Ergebnis der Untersuchung im Oktober 1958.
Die obere Darstellung zeigt den biologischen Gütelängsschnitt nach Pantle und Buck (1955). Die mittleren Saprobiewerte der Untersuchungsstellen sind zu einer Kurve verbunden.
Die untere Darstellung zeigt den biologischen Gütelängsschnitt nach Knöpp (1954/55). Ausgehend von der Abszisse wurden die Summenwerte der Häufigkeiten (Indikatoreinheiten) der β-mesosaproben und oligosaproben Leitformen getrennt nach oben und die Summenwerte der Häufigkeiten der α-meso- und polysaproben Leitformen getrennt nach unten aufgetragen.

Saprobiegrad nur mäßig, stieg aber im Raum Hirschfelde infolge von Abwassereinleitung der Industrie und Gemeinde beträchtlich in den α-mesosaproben Bereich an. Auf der etwa 28 km langen Fließstrecke bis oberhalb Görlitz ging der Fluß auf Grund der großen Selbstreinigungskraft in die β-mesosaprobe Stufe über. Unterhalb Görlitz wurde die Grenze zur α-mesosaproben Zone durch die teilweise Einleitung von häuslichen Abwässern wieder erreicht und bis unterhalb Zodel überschritten. Im weiteren Lauf der Lausitzer Neiße stellten sich nach etwa 30 km wieder β-mesosaprobe Verhältnisse ein und blieben bis zur Mündung der Lausitzer Neiße in die Oder erhalten. Mäßige Anstiege innerhalb der β-mesosaproben Zone waren unterhalb Muskau, Forst und Guben festzustellen. Im Gütelängsschnitt nach Knöpp drücken sich die Anstiege der Saprobiewerte durch die vermehrten Indikatoreinheiten der α-meso- und polysaproben Leitformen aus.

Während der Untersuchung im Juni/Juli 1959 (Abb. 7) zeigte sich ein ähnliches Bild. Der Fluß hatte bereits oberhalb Zittau α-mesosaproben Charakter und wurde im Raum Zittau noch beträchtlich weiterbelastet, so daß der Saprobieindex bis 3,3 anstieg. Nach einer starken Selbstreinigung auf wenigen Kilometern Fließstrecke war der Anstieg unterhalb Hirschfelde nur gering. Bis oberhalb Görlitz sank der Saprobieindex wieder bis unter 2,5 ab (β-mesosaprobe Stufe) und erhöhte sich unterhalb Görlitz und unterhalb Guben nur innerhalb dieser Stufe bis zur Grenze der α-Mesosaprobie. Unterhalb Forst traten typisch α-mesosaprobe Verhältnisse auf. Der Gesamtverlauf der Lausitzer Neiße

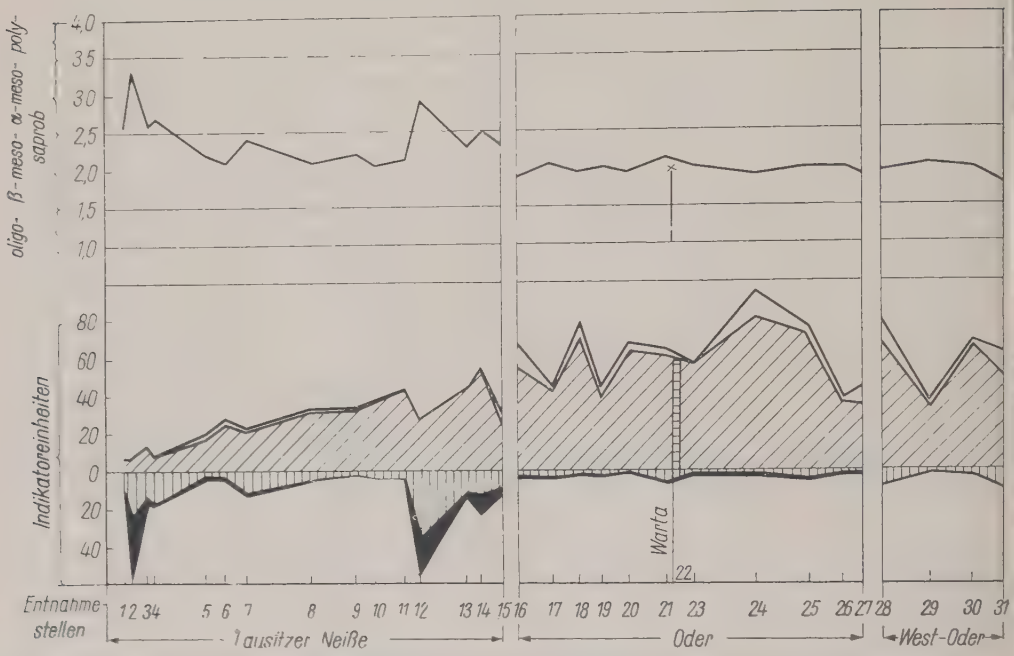
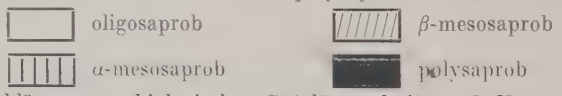


Abb. 7. Biologischer Gütelängsschnitt der Lausitzer Neiße, Oder und Westoder als Ergebnis der Untersuchungen im Juli 1959.
Die obere Darstellung zeigt den Gütelängsschnitt nach PANTLE und BUCK (1955). Die mittleren Saprobiewerte der Entnahmestellen sind zu einer Kurve verbunden.
Die untere Darstellung zeigt den biologischen Gütelängsschnitt nach KNÖPP (1954/55).
Die Summenwerte der Häufigkeiten wurden getrennt ober- und unterhalb der Abszisse aufgetragen. Die Indikatoreinheiten der oligo- und der β-mesosaproben Leitformen befinden sich oberhalb der Abszisse, die der α-meso- und der polysaproben unterhalb derselben.



Erklärung zum biologischen Gütelängsschnitt nach KNÖPP.

zeigt in dem Gütelängsschnitt nach KNÖPP (1954/55) ein allmähliches Ansteigen der β-mesosaproben Leitformen von oberhalb Zittau bis zur Odermündung.

Kurzzeitige Unterbrechungen dieser Tendenz wurden unterhalb der Städte Zittau, Forst und Guben, wo α-meso- und polysaprobe Leitformen stark in Erscheinung traten, festgestellt. Da sich die Aussagekraft biologischer Befunde über längere Zeiträume erstreckt, kann ein Vergleich zu den chemischen Ergebnissen durchgeführt werden.

Hinsichtlich des Verlaufs der organischen Belastung der Flüsse sind die biologischen Ergebnisse mit dem BSB_5 und dem Kaliumpermanganatverbrauch der Jahre 1958 und 1959 direkt vergleichbar (Abb. 2 und 3). Unterhalb der Städte sind Spitzen festzustellen, die bei Zittau, Zodel, Görlitz, Forst und Guben besonders deutlich sind und den biologischen Befunden entsprechen.

β) Oder

Die Oder zeigt im gesamten Untersuchungsbereich sowohl 1958 als auch 1959 ein sehr ausgeglichenes Bild (Abb. 6 und 7). Die Kurve der Saprobiewerte liegt mit nur sehr geringen Schwankungen ausschließlich im β-mesosaproben Bereich. Auch die Warta

fügt sich mit typisch β-mesosaprobem Charakter in die Oder gut ein und läßt unterhalb ihrer Einmündung keine Beeinflussung der Oder erkennen.

Die anteilmäßige Darstellung der Leitformen einzelner Saprobiestufen (nach Knöpp) zeigt ein beträchtliches Überwiegen der β-mesosaproben Arten in der Oder, wobei die Oligosaprobier teilweise in größerer Zahl vorhanden sind als die α-Mesosaprobier und Polysaprobier zusammen. Aus der Knöppschen Darstellung ist ersichtlich, daß im Vergleich zur Lausitzer Neiße in der Oder die Leitformen in größerer Häufigkeit auftreten, was auf das verbreitete Vorkommen typisch β-mesosaproben Potamoplanktons, insbesondere von Diatomeen, Rotatorien und Chlorophyceen zurückzuführen ist.

Die biologischen Ergebnisse der Oderuntersuchung konvergieren somit hinsichtlich der organischen Belastung und der Sauerstoffverhältnisse mit den chemischen Befunden.

Die in den Abb. 6 und 7 ebenfalls dargestellten Gütelinien der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße bzw. Westoder zeigten eine große Übereinstimmung mit denen der Oder. Auf der gesamten Strecke von Hohensaaten bis oberhalb Szczecin herrschten typisch β-mesosaprobe Verhältnisse.

c) Der Einfluß einiger Faktoren auf die Biologie von Neiße und Oder

α) Strömung

Auf die Zusammenhänge zwischen Strömungsgeschwindigkeit und biologischem Gütebild wies bereits Zimmermann (1959) hin.

Die Makrofauna des Grundes spielt bei der Gütebeurteilung der Oder bis Schwedt nur eine untergeordnete Rolle. Da die Oder ein sandig-kiesiges Bett besitzt, dessen Grundsand der Stromrinne als Treibsand durch die mechanische Wirkung der Strömung (s. Abschnitt 1c) ständige Umlagerungen erfährt, ist die Besiedlung durch benthale Formen sehr erschwert. In der Stromrinne der Oder konnten bei den Untersuchungen 1958 bis 1959 keine benthalen Makroorganismen gefunden werden. Die in den Artenlisten aufgeführten Bodenorganismen der Oder stammen ausschließlich von den Buhnenrändern (z. B. Gastropoda, Hirudinea), den Sandzonen in Ufernähe mit geringer Strömung (*Corophium curvispinum*) sowie aus den sich hinter den Buhnen auf Grund veränderter Strömungsverhältnisse (langsame Wirbelströmung) gebildeten Schlammbänken (Bivalvia, Gastropoda, *Asellus aquaticus*).

Caspers (1952) fand in der Fahrrinne der Unterelbe ähnliche Verhältnisse vor.

In der Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße bzw. Westoder traten infolge geringer Strömungsgeschwindigkeiten ($<$ 10 cm/s) und zeitweisen Rückstaues vom Oderhaff verstärkte Detritusablagerungen und damit schlammiger Bodengrund im gesamten Querschnitt auf. Dieser Biotop bot einer Reihe von Mollusken günstige Lebensbedingungen.

Gleiche Verhältnisse herrschten in der Oder im Raum oberhalb Szczecin infolge stark herabgesetzter Strömungsgeschwindigkeit und zeitweiligen Rückstaues vom Oderhaff (s. Tabelle 4).

β) Temperatur und Selbstreinigung

Der Einfluß der Temperatur und des gelösten Sauerstoffs auf die biologische Selbstreinigung ist besonders im Raum Zittau-Hirschfelde erkennbar.

Bei ähnlichen organischen Belastungen setzten in der Lausitzer Neiße im Raum Zittau bei sommerlichen Wassertemperaturen um 20 °C und Sauerstoffgehalten in der Regel $>$ 3 mg/l (etwa 30 bis 60 %, Einzelwert 19 % Sättigung) auf einer kurzen Fließstrecke stürmische Abbauvorgänge ein. In der kühlen Jahreszeit wurden unterhalb Hirschfelde durch Kühlwassereinleitung des Kraftwerkes Wassertemperaturen von 11,8 °C nicht unterschritten, damit lagen für die Abbauprozesse günstigere Temperaturverhältnisse vor. Die natürlichen Wassertemperaturen betrugen in den Wintermonaten

oberhalb Hirschfelde ± 0 bis 3 °C. Die durch die Kühlwassereinleitung des Kraftwerkes Hirschfelde in den Sommermonaten hervorgerufenen Wassertemperaturen bis 41 °C wirken sich auf die Besiedlung durch Organismen schädigend aus. Bemerkenswert ist das Vorkommen einer Reihe von Organismen trotz dieser extremen Temperaturverhältnisse (s. Tabelle 3, Ent.-St. 4).

γ) Phenole

Direkte Schädigungen der Lebewelt der Oder durch Phenole traten auf Grund der relativ geringen Konzentrationen bisher nicht auf. Gehalte an wasserdampfflüchtigen Phenolen, bei denen Giftwirkungen bei Fischen auftreten können (nach BANDT 1958, ab 3 mg/l HSN-Phenole), wurden in der Oder bei weitem nicht erreicht. Der für Geschmacksbeeinträchtigung von Fischfleisch angegebene Wert für wasserdampfflüchtige Phenole (nach BANDT 1958, ab 0,02 mg/l) wurde hingegen besonders in der kalten Jahreszeit auf Grund des gehemmten Abbaues des öfteren überschritten. So liegen auch aus dem Bereich der unteren Oder Hinweise auf Geschmacksbeeinträchtigungen der Speisefische durch Phenole vor. Toxisch wirkende Konzentrationen von Phenolen traten im Untersuchungszeitraum zweimal kurzzeitig in der Lausitzer Neiße im Raum Hirschfelde auf. Bei ermittelten Konzentrationen an wasserdampfflüchtigen Phenolen bis 5,1 bzw. 34 mg/l waren Fischsterben auf einer Flußstrecke von etwa 20 km festzustellen.

d) Die Bedeutung des Planktons für die biologische Güteklassifizierung der Oder

Erste Untersuchungen über das Plankton der Oder im Raum Breslau erfolgten von SCHRÖDER (1897, 1899). Es wurde festgestellt, daß speziell in den Sommer- und Herbstmonaten in der Oder ein typisches *Asterionella*- und *Synedra*-Plankton dominierte. Darüber hinaus wurden von SCHRÖDER 65 Phytoplankter erfaßt. ZIMMER (1899) beschrieb das Zooplankton der Oder im Raum Breslau und stellte vorwiegend Rotatorien, Cladoceren und Copepoden fest.

Die biologischen Ergebnisse der Flußbereisungen 1958 und 1959 zeigten, daß bei der Besiedlung der Oder durch Organismen das Plankton sowohl arten- als auch mengenmäßig vorherrschte. Besonders folgende typische Planktonorganismen waren nahezu durchgängig an sämtlichen Untersuchungsstellen der Oder, zum Teil in größerer Häufigkeit, nachzuweisen:

Asterionella formosa
Asterionella gracillima
Cocconeis pediculus
Cymatopleura elliptica
Cymatopleura solea
Diatoma elongatum
Diatoma vulgare
Fragilaria crotonensis
Melosira granulata
Melosira granulata var. *angustissima*
Melosira varians
Nitzschia palea
Nitzschia sigmoidea
Rhoicosphenia curvata
Surirella robusta var. *splendida*
Synedra acus
Synedra ulna
Actinastrum Hantzschii
Eudorina elegans
Pandorina morum
Pediastrum boryanum
Pediastrum duplex
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus quadricauda
Synura uvella
Keratella cochlearis
Polyarthra vulgaris
(siehe auch Tabelle 4)

Über 50 % der für die Oder als typisch angesehenen Vertreter des Potamoplanktons sind β-mesosaprobe Leitformen nach dem revidierten Saprobiensystem von LIEBMANN (1951).

Auf Grund der Feststellung, daß die Stromrinne auf der Untersuchungsstrecke der Oder bis Schwedt nur äußerst spärlich besiedelt war, Aufwuchs nur an Buhnen auftrat und die Bodenschlammorganismen an strömungsschwachen Stellen hinter Buhnen atypisch sind, erscheint uns die Heranziehung des Planktons zur biologischen Güteklassi-

Tabelle 3. Biologische Untersuchungsergebnisse der Lausitzer Neiße. Darstellung sämtlicher an den Untersuchungsstellen der Lausitzer Neiße ermittelten Arten, getrennt nach der Untersuchung 1958 (Spalte A) und 1959 (Spalte B). Hinter den Artenlisten befinden sich die Kurzbezeichnungen der Leitformen nach dem Saprobiensystem von LIEBMANN (1951).

(o — oligosaprob, β = beta-mesosaprob, α = alpha-mesosaprob, p = polysaprob)

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Beggiotoa alba TREV.	p			•	•	•	•	◔		•			•	•		○				•								•		•	
Sphaerotilus natans KÜTZ.	p	•			◕																			○				◑		
Zoogloea ramigera ITZ.	p			•	○							•		◕		•				•		•		◑							
Chlamydobacteriales									•																						
Anabaena constricta GEITL.																															•
Aphanocapsa sp.						•																									
Dactylococcopsis raphidioides HANSG.		◔				•				•																		•			
Oscillatoria formosa BORY	α																											•			
— *limosa* KÜTZ.		•	•	•		•		•		•		•	•			•		•		•		•	•	•	○						•
— *princeps* VAUCH.	α	•	•	•			•			•		•	•	•		•	•	•		•	•				•	•	•		○	•	○
— *simplicissima* GOM.																															•
— *tenuis* AGARDH	α								◑		•				•		•				•	•	•	•				•		•	•
— *sp.*					•																•										
Achnanthes lanceolata BRÉB.																•	•							•			•	•	•		
— *minutissima* KÜTZ.																•															
— *sp.*		•	•					•		•								•	•		•				•	•				•	
Amphora ovalis KÜTZ.		•																											•	•	
Asterionella formosa HASS.	β	•	•	•		•							•	•				•		•		•			•	•		•		◔	•
— *gracillima* HEIB.													•			•		•		•		•				•		•	•	○	
Caloneis silicula CLEV.		•																												•	
Cocconeis pediculus EHRENB.		•		•		•		•		•		•		•		•		•						•		•				•	•
— *placentula* (EHRENB.)				•	•																										
— *sp.*																	•								•				•		
Cymatopleura elliptica SMITH	β			•		•								•		•										•				•	
— *solea* SMITH	β			•		•				•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•

Lausitzer Neiße Entnahmestellen	1 A	1 B	2 A	2 B	3 A	3 B	4 A	4 B	5 A	5 B	6 A	6 B	7 A	7 B	8 A	8 B	9 A	9 B	10 A	10 B	11 A	11 B	12 A	12 B	13 A	13 B	14 A	14 B	15 A	15 B
Cymbella turgida Clev.																	•													
— *tumida* v. Heurck																	•													
— *ventricosa* Kütz. ..... β							•									•											•			
— *sp.*																									•					
Cyclotella Kütz. *sp.*				•	•	•							•		○		•					•		•	•	•				
Diatoma anceps Grunow													•														•			
— *elongatum* Agardh ..... β					•																			•						
— *vulgare* Bory ..... β	•			•	•	•											•					•		•		•	•	•		
Eunotia arcus Ehrenb.																									•					
— *exigua* Grunow.....																	•		•				•		•				•	
— *lunaris* Grunow																	•				•				•					
— *sp.*	•																													
Fragilaria capucina Desm.....	•		•		•						•								•											
— *construens* Grunow ..... β																												•		•
— *crotonensis* Kitton ..... β																													•	•
— *intermedia* Grunow													•															•		•
— *sp.*									•										•								•			
Frustularia vulgaris Twaites .		•				•											•	•	•				•		•		•	•	•	
Gomphonema acuminatum Ehrb.	•																•						•				•			
— *constrictum* Ehrb.	•						•		•						•															
— *olivaceum* Kütz. ..... β									•								•						•		•		•			
— *sp.*			•							•																				
Gyrosigma acuminatum Rabh.									•				•		•		•				•			•			•	•		
— *attenuatum* Rabh.																			•										•	
Hantzschia amphioxys Gron. . α	•						•						•																	
Melosira granulata Ralfs .... β			•	•	•		•		•		•		•		•		•		•		○	•	•		•	•	◑	◔		
— *gran.* v. *angustissima* Müll.												•		◔		•														
— *varians* Agardh ..... β	•	•	○		•	•	•	•	•	◔	•	•	◔	•	○	•	◔		•	○	◔	•	◑	•	◕	◑	◑	◑	•	◔
Meridion circulare Agardh .. o		•										•				•														

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Navicula pupula capitata Hust.														•																	
— *radiosa* Kütz.																		•		•				•		•				•	
— *rhynchocephala* Kütz.	β	•						•		•								•	•			•		•		•	•	•			
— *sp.*		•		•		•	•			•	•			•	•	○			•	•			•	•	•			•	•	•	
Nitzschia ignorata Krass.										•																					
— *linearis* Smith	o				•												•	•							•						
— *palea* Smith	α	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•		•	•	•			•	•	•	◑	•	◔	•			•
— *sigma* Smith																•	•	•				•		•						•	
— *sigmoidea* Smith						•	•	•		•	•	•					•			•					•	•	•	•			
— *vermicularis* Grun.			•		•		•			•					•							•		•				•	•		
— *sp.*							•						•	•							•		•					•			•
Pinnularia gibba mesogongyla Hust.						•																									
— *gracillima* Greg.						•																									
— *major* Kütz.	β					•				•				•				•				•				•	•	•			•
— *subsolaris* Clev.		•		•																											
— *sp.*		•		•	•	•					•		•						•				•	•		•	•	•	•		
Rhoicosphenia curvata Grun.				•		•	•			•						•								•	•	•		•		•	
Stauroneis anceps Ehrb.																										•		•			
— *phoenicenteron* Ehrb.	β		•	•	•									•			•	•					•	•		•		•	•		
— *sp.*										•													•								
Stephanodiscus hantzschii Grun.	α				•										•												•				
— *sp.*																			•			•									
Surirella angustata Kütz.								•								•	•	•		•		•		•		•		•			
— *biseriata* Bréb.												•	•					•				•						•		•	
— *elegans* Ehrb.																		•								•				•	
— *linearis* Smith											•	•	•	•				•		•	•		•							•	
— *ovata* Kütz.	β					•	•			•						•	•	•				•				•		•			
— *robusta v. splendida* Heur.						•				•	•			•				•		•	•	○		•		•		•			

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Surirella tenera Greg.	β	•	•	•		•				•	•	•		•				•		•	•	•	•	•	•	•					
Synedra acus Kütz.	β	•			•	•	•						•	•	•	•	•		•		•	•	•	•	•						
— *ulna* Ehrb.	β	•	•	•	•	•	•	•	•	○	•	•	•	•	•	•	○	•	•	•	•	○		•	•	•	•	•	•		•
Tabellaria fenestrata Kütz.	β					•										•		•	•			•		•		•	•	•		•	•
— *flocculosa* Kütz.	o																	•	•							•	•	•			
Actinastrum hantzschii Lagerh.																		•	•												
— *raphidioides* Brunn.											•																				
Cladophora glomerata Kütz.	o			•										•											•						
Closterium acerosum Ehrb.	α	•	◔	•	•	•	○		◔	•		•	•	◔	◔	•	○	•		•											•
— *ehrenbergii* Menegh.	β						•			•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◔	•	•	•	◔		•
— *moniliferum* Kütz.	β			•						•								•		•		•		•		•	•	•	•	•	•
— *parvulum* Näg.	β									•				•																	•
— *sp.*																						•	•					•	•		
Cosmarium sp.		•																•					•							•	
Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.																				•											
Drapanaldia sp.				•		•				•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	•	•	•	•	•	•	•	•	
Eudorina elegans Ehrb.	β					•	•						•		•		•		•	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•
Pandorina morum Bory	β	•					•											•		•	•	○		•	•		•	•	•	•	•
Pediastrum boryanum Menegh.	β				•		•				•		○	•	•	•	○	•	•	•	•	○	◔	•	•	•	•	•	◔		•
— *duplex* Meyen	β			•			•				•		•									•	○	•			•		•		◔
— *sp.*															•			•												•	
Scenedesmus acuminatus Chod.	β						•		•				•		•		•		•		•		◔		•	•	•		◑		○
— *quadricauda* Bréb.	β	•	•			•	•		•		•	•	○		•	•	◔		◔		○		◔	•	◔	•	◔	•	◑		•
Spirogyra fluviatilis Hils.	o															•		•													
— *sp.*					•					•	•	•							•	•		•		•		•				•	•
Tribonema sp.														•						•											
Ulothrix sp.		•		•																											
Volvox globator Ehrb.		•																													

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Elodea canadensis Rich.																										•					
Fontinalis antipyretica L.																										•					
Ranunculus fluitans Lam.																										•					
Amoeba proteus Pall.																													•		
Arcella vulgaris Ehrb.			•	•		•						•	•	•	•			•		•		•		•	•	•	•	•	•	•	
Difflugia corona Wall.												•				•												•			
— *urceolata* Cart.								•						•				•													
Anthophysa vegetans Stein	α											•		•								•								•	
Dinobryon sertularia Ehrb.													•																		
Euglena viridis Ehrb.	p			•																									•		
— *sp.*		•				•											•	•	•			•	•		•				•	•	•
Mallomonas elegans Lemm.		•																													
Ochromonas sp.																															•
Peranema trichophorum Ehrb.														•															•		
Peridinium sp.																	•														
Phacus sp.																				•											•
Synura uvella Ehrb.	β					•				•		○	•	•	•	○	•	○	●	•	◑	○			•	○		•		•	•
Actinosphaerium eichhorni Ehrb.	β																						•								
Aspidisca costata Duj.	β	•		•	•	•			•							•															
— *lynceus* Ehrb.	β															•															
Carchesium polypinum L.	α	•		•		•	•	•		•		•		•		•		•		•											
Chaenea sp.								•												•					•						
Chilodonella cucullata Müll.	α				○	•																			•						
— *uncinata* Ehrb.	α	•		•	○			•				•		•		•				•					•						
Cinetochilum margaritaceum Perty																•						•				•		•			
Colpidium colpoda Stein	p				•	•	•																								
Cyclidium glaucoma O. F. Müll.					•									○		•						•			○				•	•	

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Epistylis plicatilis Ehrb.										•		○				•															
— *vaginula* Stok.						•																									
— *sp.*				•																						•					
Euplotes sp.																						•									
Glaucoma scintillans Ehrb.	p				•									•																	
Lionotus fasciola Ehrb.	α			•						•				•																	
— *sp.*																										•					
Loxodes sp.																												•			
Metopus sigmoides Clap. u. L.						•																		•							
Opercularia nutans Ehrb.																															
— *sp.*		•		•																										•	
Oxytricha pellionella Müll., Stein														•				•													
— *sp.*																															
Paramaecium caudatum Ehr.	α	•		•	◔	•	•		•	•				•		•						•								•	
— *trichium* Stok.				•																				○				•		•	
Platycola truncata Froment.																															
Stentor coeruleus Ehrb.	α																					•									
— *roeseli* Ehrb.																								•						•	
Spirostomum ambiguum Müll., Ehrb.												•		•																	
Stylonychia mytilus Ehrb.							•																								
Trochilia minuta (Roux)																								•				•			
Trichopelma sp.				•		•		•																◔						•	
Vaginicola parallela Mask.								•																							
Vorticella campanula Ehrb.	β																														
— *convallaria* Nol.	α	•		•		•		•		•		•		•		•						•									
— *cupifera* Kahl																								◔		•		•			
— *nebulifera* O. F. Müll.																•															
— *similis* Stokes				•				•																				•			

Lausitzer Neiße		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
Entnahmestellen		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Tocophrya sp.														•																	
Spongilla lacustris (L.)															•		•														
Pelmatohydra oligactis (Pallas)																										•					
Asplanchna priodonta Gosse							•						•											•						•	
Brachionus urceolaris O. F. Müll.	β																		•								•				
— *sp.*							•																					•			
Cephalodella sp.																													•		
Colurella sp.		•																													
Diglena sp.		•																													
Euchlanis dilatata Ehrb.					•			•								•				•							•				•
Keratella cochlearis (Gosse)	o			•							•	•	•		•						•	•				•		•		•	
— *quadrata* (O. F. Müller)	o																														•
Lepadella ovalis (O. F. Müller)						•								•																	
— *sp.*			•																										•		
Polyarthra vulgaris Carlin													•		•											•					
Rotaria neptunia (Ehrb.)	p						•																				•				
— *rotaria* (Pallas)	p				•	•					•					•		•		•				•	•						•
— *sp.*										•																					
Synchaeta pectinata Ehrb.																			•												
Aelosoma sp.		•																													
Chaetogaster diaphanus (Grh.)											•																				
Dendrocoelum lactum Müll.																	•				•										
Enchytraeidae						•	•							•	•				•								•				
Haemopis sanguinea L.						•	•																								
Herpobdella octoculata (L.)		•	•		•	•	•						•				•			•	•								•		•
Nais sp.			•																												
Nematodes		•	•	○	•	•	•	•		•		•	•	◔				•				•		•	•	•		•	•		•
Stylaria lacustris (L.)																	•														

Lausitzer Neiße Entnahmestellen	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Tubifex tubifex Müll.				•		•	•																							
Alona quadrangulata O. F. Müll.																							•							
Alonopsis elongata Sars.																														•
Asellus aquaticus Racov. .... α	•	•			•	•						•		•		•											•			•
Bosmina longirostris O. F. Müll.																				•								•		•
Chydorus sphaericus O.F.Müll. β																	•													
Cyclops sp.	•					•					•		•		•						•		•		•		•	•	•	
Nauplius-Larve	•	•	•										•		•													•		
Copepodit-Stadium												○	•		•		•	•	•		•				•	•		•		
Ancylus fluviatilis Müll.												•				•								•						
Bithynia tentaculata L.												•			•	•										•				•
Physa acuta Drap. (+)							◔	•																						
Pisidium amnicum Müll.																				•										
Agrion (Larve)										•																				
Chironomidae (Larve)												•				•				•	•		•			•				•
Chironomus plumos. (L.) (Larve) p			•																		•									
Ephemeridae (Larve)																									•	○		•		•
Heptagenia flava Rost. (Larve)																•				•										•
Hydropsyche sp.																•			•	•						•				
Naucoris cimicoides L.																			•											
Notonecta glauca L.					•																									
Plecoptera (Larve)																									•					
Tendipedidae (Larve)	•														•															•
Trichoptera (Larve)																														

Tabelle 4. Biologische Untersuchungsergebnisse der Oder. Darstellung sämtlicher an den Untersuchungsstellen der Oder ermittelten Arten, getrennt nach der Untersuchung 1958 (Spalte A) und 1959 (Spalte B). Hinter den Artenlisten sind die Leitformen nach dem Saprobiensystem von Liebmann (1951) gekennzeichnet.

(o = oligosaprob, β = beta-mesosaprob, α = alpha-mesosaprob, p = polysaprob)

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Anabaena constricta Geitl.	p		•				•		•								•						•
— *spiroides* Kleb.	β														•		•		•				
- *sp.*									•		•												
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs	β		•								•												•
Aphanocapsa sp.																				•			•
Lyngbya contortae Lemm.			•						•														
Merismopedia glauca Näg.		•									•			•	•			•					•
— *sp.*																	•		•		•		
Microcystis aeruginosa Kütz.	β			•	•		•	◔				○		•		◔	•	•	•	•		•	
— *flos-aquae* Kirchn.	β	○				•				•					○		○						
Oscillatoria limosa Kütz.			•														•				•		
— *princeps* Vauch.	α				•			•				•											
— *tenuis* Agardh	α	•		•																			
— *simplicissima* Gom.										•													
Achnanthes lanceolata Bréb.					•																		
— *sp.*		•		•																			
Amphora ovalis Kütz.		•		•		•	•	•	•	•	•		•	•			•			•			
Asterionella formosa Hassal	β	○	◑	•	◔	•	◑	◔	◑	○	◑	◔	◑	○	○	◔	○	◔	◔	○	•	◔	◔
— *gracillima* Heib.			◔	•	•	•	◔	•	•	•	○	•	◔			•	○	◔	•	◔		◔	•
Caloneis amphisbaena Clev.		•		•																			
Ceratoneis arcus Kütz.		•		•		•	•															•	
Cocconeis pediculus Ehrb.		•	•	•		•	•	•			•			•		•	•	○		•	•		•
Cymatopleura elliptica Smith	β	•	•	•	•	○	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	
— *solea* Smith	β	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•		•	•	•		•			
Cymbella cymbiformis v. Heur.				•																			
— *naviculiformis* Auersw.		•																					

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Cymbella tumida v. Heur.		•																					
— *ventricosa* Kütz.	β	•		•		•				•	•												
— *sp.*							•															•	
Cyclotella meneghiniana Kütz.	α	•		•		•		•		•		•		•									
— *sp.*		•	•		•				•						•	•						•	
Diatoma elongatum Agardh	α		•		•		•		○		○		•				•	•		•	•		•
— *vulgare* Bory	β		•		•		•	•			•		•	•		•	•		•				•
— *sp.*													•										
Diploneis ovalis Clev.																					•		
Fragilaria capucina Desmaz.			•	•							•	•			•		•				•		
— *construens* Grun.	β		•	•						•	•					•			•		•		
— *crotonensis* Kitt.	β	◔	•	•	•	○	○	•	•	◔	•	○	•	○	◔	•	○	•	•	•	•	•	•
— *intermedia* Grun.		•		•	•												•						•
Frustularia vulgaris Thwait.		•	•	•		•	•				•	•	•								•	•	
Gomphonema olivaceum Kütz.	β	•		•												•							
Gyrosigma acuminatum Rabh.		•		•		•		•		•			•	•			•						
— *attenuatum* Rabh.		•																					
Meridion circulare Agardh	o	•		•		•							•									•	
Melosira granulata Ralfs	β	•	○	•	•	○	•	○	◔	○	◔		•	○		•	•	•	•	◔	•	○	•
— *gran.* v. *angustissima* Müll.		◔	◑		◑		◔				◑	•	◑		◔		○	•	•		○		•
— *varians* Agardh	β	◔	○	•	◔	◑	◔	•	•	○	○	◔	○	○	•	•	•	•	◔	○	•	•	•
Navicula exigua O. Müll.																		•					
— *radiosa* Kütz.			•					•		•			•			•						•	
— *rhynchocephala* Kütz.	β					•					•	•											
— *sp.*		•					•									•			•	•			
Nitzschia linearis Smith		•																					
— *palea* Smith	α		•	•	•	•	•	•				•		•		•	•	•	•		•	•	•
— *sigma* Smith		•		•		•						•										•	
— *sigmoidea* Smith		•	•	•	•	○	○	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
— *vermicularis* Grün.		•	•	•		•					•	•	•	•		•	•				•		

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Pinnularia major Kütz.	β	•		•			•	•		•										•			
— *sp.*			•							•									•				
Rhoicosphenia curvata Grun.	β	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•		•		•	•		○	•	•
Stephanodiscus hantzschii Grün.	α	•	•	•		•		•			•		•		•	•		•	•	•		•	
— *sp.*					•				•				•										
Surirella biseriata Bréb.	β			•								•		•				•		•		•	
— *elegans* Ehrb.		○	•	•	•	○		•	•						•								
— *linearis* Smith							•					•						•		•		•	
— *ovata* Kütz.	β	•	•	•		•	•			•	•	•				•				•			
— *robusta* v. *splendida* v. Heur.		•	•	•		○	•	◔	•	○	•	○	•	•		•		•		•		•	
— *tenera* Greg.	β	•	•	•		•		•		○				•		•		•				•	
Synedra acus Kütz.	β	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
— *ulna* Ehrb.	β	○		○	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•
Tabellaria fenestrata Kütz.	β	•	•				•		•								•		○	•	•		
Actinastrum hantzschii Lagerh.			•		•		•		•		•		•		◔		◔		•		•		•
— *raphidioides* Brunnth.					•		•		•		•		•		◔		◔		•		•		•
Cladophora glomerata Kütz.	o		○			•	•										◔		○				◔
Closterium acerosum Ehrb.	α	•	•	•	•	•			•					•	•				•	•		•	
— *sp.*		○	•	•		•		•					•					•					
— *leibleinii* Kütz.	α					•		•															
— *moniliferum* Kütz.	β					•													•				
— *sp.*												•											
Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.															◑		•		◔		○		○
Drapanaldia sp.				○		•				•		•		•								•	
Enteromorpha intestinalis Grev.																					◔		
Eudorina elegans Ehrb.	β		○	•	•		○	•	•		○		○	•	•	•	◔	•	•		•	•	○
Hydrodictyon reticulatum Lagerh.								•															
Pandorina morum Bory	β	•	•			•	•		○	•	•		•		•		•		•	•	•	•	•
Pediastrum boryanum Menegh.	β	•	•	•	•	○	•	○	•	•	•	•	○	•	○	•	◔	○	◑	•	◔	•	◔
— *clathratum* Lemm.		•																					

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Pediastrum duplex Meyen			○		•	•	•	•	○	•	•	○	•	•	◑	•	◑	○	◑	◔	•	•	◔
— *sp.*														•		•							
Scenedesmus acuminatus Chodat	β	•	•		•	•	•		•	•		•	•		◔		◔	•	◔		•		•
— *quadricauda* Bréb.	β	•	•	•	•	•	•	•	○	•	•	•	•	•	◑		◔	•	○	•	•	•	•
Spirogyra sp.				•																			
Staurastrum sp.				•		•		•		•		•	•	•		•		•				•	
Ulothrix sp.			•																				
Ceratophyllum demersum L.																		•					
Lemna major Opiz																					•		
Nuphar luteum Smith																					•		
Nymphaea alba L.																		•					
Potamogeton perfoliatus L.																					◔		•
Arcella vulgaris Ehrb.		•	•	•		•		•	•	•	•	○		•		•		•	•	•		•	
Difflugia corona Wall.							•							•									
— *elegans* Pe				•							•	•											
— *urceolata* Cart.		•				•										•							
Anthophysa vegetans Stein	α											•				•							
Ceratium hirundinella Schr.					•		•							•	•		•		•				
Cyphoderia margaritacea Ehrb.				•			•	•		•						•		•				•	
Dinobryon sertularia Ehrb.			•							•				•				•					
Phacus sp.		•																					
— *longicauda* Duj.							•				•								•				•
Synura uvella Ehrb.	β	○	•	◑	•	◔	○	◔	•	◔	•	•	•	•		•	•	◔		○		◔	
Actinosphaerium eichhorni Ehrb.	β	•		•																			
Carchesium polypinum L.	α	•		•						•										•			
Cinetochilum margaritaceum Pert.																						•	
Coleps hirtus Ehrb.											•	•											
Euplotes patella Ehrb.								•				•											
Gruberia lanceolata Grub.		•																					
Opercularia nutans Ehrb.										•													

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Opercularia sp.														●									
Paramaecium caudatum Ehrb.	*a*			●				●		●		●				●		●					
Platycola truncata From.												●											
Stentor coeruleus Ehrb.	*a*	●			●	●	●		●	●		●	●			●	●						
— *polymorphus* Ehrb.							●																
— *roeseli* Ehrb.				●										●		●				●		●	
Vorticella convallaria Noland	*a*	●		●						●				●						●		●	
similis Stok.								●										●					
Tocophrya sp.		●		●				●					●										
Pelmatohydra oligactis (L.)																					●		
Spongilla lacustris (Pall.)			●				●		●		●		○		●		●						
Asplanchna priodonta Gosse										●				●	●		●		●				
Brachionus angularis Gosse																	○						
— *calyciflorus* Pall.							●		●						◑		◕		●		●		○
— *dimidiatus* (Bryce)		●																					
— *forficula* Wierz.																	○		●				
— *urceolaris* O. F. Müll.							●		●		●		●		○		◕		○		●		
Cephalodella sp.								●															
Colurella sp.				●																			
Euchlanis dilatata Ehrb.		●	●														●						
Filinia longiseta (Ehrb.)				●			●								●		●			●		●	
Keratella cochlearis (Gosse)	o	○	◑	●	●	●	◑	●	○	●	○	●		○	●	●	◑	○	●	◑	●	○	●
— *quadrata* (O. F. Müll.)	o				●	●		●	●	●				●					●			●	
Philodina sp.					●																		
Polyarthra vulgaris Carlin			●		●		●	●	●		●			●	●		●	●	●		●	●	●
— *sp.*						●				●				●				●		●		●	
Rotaria neptunia Ehrb.																				●			
— *sp.*		●		●		●		●					●	●	●	●			●			●	
Synchaeta pectinata Ehrb.		●	●		○		●				●		●				●		●		●		●
— *sp.*														●									

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Enchytraeidae																							
Glossosiphonia complanata L.															•				•				
Herpobdella octoculata L.											•				•								
Planaria gonocephala Dug.	α																			•			
Piscicola geometra L.							•																
Tubifex tubifex (Müll.)													•							•			•
Cercarie																						•	
Nematodes																				•			
Asellus aquaticus Racov.																				•			
Bosmina longirostris O. F. Müll.	α																			•			
Chydorus sphaericus O. F. Müll.			•			•								•	•	•							
Corophium curvispinum Sars.	β														•		•						•
Cyclops sp.			•		•			◔	•		•		◔		◔	•	◔		◔	•	◑		◑
Copepodit-Stadium		•				•									•	•				•			
Nauplius-Larve																			•				
Plumatella fungosa Pall.		•			•	•	•	•	•			•		•		•	•	•		•		•	
Ancylus fluviatilis Müll.											•												
Anodonta piscinalis Nilss.			•				•																
— *cygnea* L.																	•						•
Bithynia tentaculata L.			•				•																
Dreissensia polymorpha Pall.			•		•								•					•			•		
Lithoglyphus naticoides (C. Pfeiff.)							•						•										
Lymnea ovata (Drap.)		•	•	•	•		•		•		•		•		◔	•	•	•		•			
Pisidium amnicum Müll.																			○	•	○	•	•
Pisidium sp.			•	•																	•		
Sphaerium rivicola (Lam.)					•		•				•		•		○		○	•	•	•			
— *corneum* (L.)			•										•								•	•	
— *sp.*		•	•					•	○		•		•		◔	•	○		○		○	•	◔
Theodoxus fluviatilis (L.)					•																		
Unio pictorum (L.)			•		◔		•		•		○		◔		○		•			•			
													•				•	•					

Oder, Entnahmestellen		16		17		18		19		20		21		23		24		25		26		27	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
— *tumidus* Retzius																	•						
Viviparus fasciatus (O. F. Müll.)			•				•				•		•			•	•	•	◑	•	◑		◔
— *viviparus* (L.)																					•		
Chironomidae (Larve)									•				•					•		•		•	
Chironomus plumosus (L.) (Larve)	p																		•				○
Ephemeridae (Larve)					•		•		•														•
Heptagenia flava Rost. (Larve)			•		•		•		•		•		○				•						
Hydropsyche sp. (Larve)			•				•	•							•	•	◔		•	•			
Trichoptera (Larve)					•								•										

fizierung der unteren Oder als zweckmäßig. Dies wird durch die gute Übereinstimmung der biologischen mit den chemischen Befunden bestätigt.

Eine eingehende Darstellung über die Wertigkeit des Potamoplanktons für die biologische Güteklassifizierung der unteren Oder wird an anderer Stelle erfolgen.

4. Zusammenfassung

1. In den Jahren 1958 und 1959 wurden monatliche chemische Untersuchungen und zwei ausführliche biologische Flußbereisungen im unteren Einzugsgebiet der Oder auf einer Fließstrecke von etwa 440 km durchgeführt.
2. Die Mittel- und Extremwerte der chemischen Kriterien wurden dargestellt und die Einflüsse der Faktoren Strömung, Temperatur, Sauerstoff- und Phenolgehalt auf die Lebewelt der untersuchten Fließgewässer erörtert.
3. Die Befunde sämtlicher 31 biologischer Entnahmestellen wurden charakterisiert; die Organismen wurden nach dem Ort und der Häufigkeit ihres Auftretens in Tabellen zusammengefaßt.
4. Ausgehend von dem revidierten Saprobiensystem nach LIEBMANN erfolgte eine Auswertung sämtlicher Untersuchungsbefunde in graphischen Darstellungen in Form von Gütelängsschnitten nach PANTLE/BUCK und KNÖPP.
5. Die Oder konnte im untersuchten Bereich als typisch β-mesosaprober Fluß charakterisiert werden. Die biologischen Befunde zeigten gute Übereinstimmung mit den chemischen Ergebnissen. Auf Grund geringerer Wasserführung und unterschiedlicher Belastung durch Abwässer zeigte die Lausitzer Neiße ein wechselhaftes biologisches Bild; ihr überwiegend β-mesosaprober Charakter wurde mehrmals durch α-mesosaprobe Flußstrecken unterbrochen.
6. Auf Besonderheiten der Besiedlung der Stromrinne der unteren Oder wurde eingegangen.
7. Die biologischen Untersuchungen ergaben, daß das Plankton in der unteren Oder nach Artenzahl und Individuenhäufigkeit dominiert. Typische Potamoplankter, die nahezu durchläufig und zum Teil in größerer Häufigkeit in dem gesamten Abschnitt der unteren Oder auftreten, wurden aufgeführt. Das Heranziehen des Planktons zur biologischen Güteklassifizierung der unteren Oder erwies sich auf Grund der Ergebnisse des biologischen Gütelängsschnittes und eines Vergleiches mit den chemischen Ergebnissen als zweckmäßig.

5. Literatur

ALBRECHT, M.-L., u. BURSCHE, E.-M., 1957: Fischereibiologische Untersuchungen von Fließgewässern. Zschr. Fisch. **6** (N. F.), 209—240.

BANDT, H.-J., 1955: Fischereischäden durch Phenolabwässer. Wasserw./Wassert. **5**, 9, 290.

— 1958: Phenolabwässer und Abwasserphenole, ihre Entstehung, Schadwirkung und abwassertechnische Behandlung. Berlin.

BEER, W.-D., 1954: Über den Einfluß des Phenolgehalts des Pleißewassers auf die Mikrolebewelt. Wasserw./Wassert. **4**, 125.

— 1958: Zur Problematik des biologischen Gütelängsschnitts von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der Weißen Elster. Wasserw./Wassert. H. **5**, 195—199.

BENISCH, J., 1954: Das augenblickliche biologische Bild des Rheins auf der Strecke von Honnef bis Emmerich, dargestellt auf Grund einer Rheinuntersuchung im Oktober 1953. Jb. Vom Wasser **XXI**, 33.

BUCKSTEEG, W., THIELE, H., STÖLTZEL, K., 1955: Beeinflussung von Fischen durch Giftstoffe aus Abwässern. Jb. Vom Wasser **22**, 194—211.

CASPERS, H., 1952: Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrrinne der Unterelbe und im Vormündungsgebiet der Nordsee. Zool. Anz. **16**, Supp. Bd., 404.

EBELING, G., 1957: Über die Wasserbeschaffenheit eines mit Abwässern belasteten kanalisierten Flußlaufs; gezeigt am Beispiel des Neckars auf der Strecke von oberhalb Heilbronn bis Freudenheim. Jb. Vom Wasser **XXIV**, 247.

Knöpp, H., 1954/55: Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Maines. Die Wasserwirtschaft **45**, 1, 9.
— 1955: Abwasserlastplan und biologischer Gütelängsschnitt — ein kritischer Vergleich. Die Wasserwirtschaft, H. 3, 57.
Krieger, W., 1927: Zur Biologie des Flußplanktons (Untersuchungen über das Potamoplankton des Havelgebietes). Pfl. Forschg. H. 10, Jena.
Liebmann, H., 1951: Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie. Bd. **1**, München.
Mädler, K., 1958/59: Biologische Untersuchungen über Verschmutzung und Selbstreinigung der Parthe. Wiss. Zschr. Karl-Marx-Univ. Leipzig, H. 1.
Pantle, R., 1956: Biologische Flußüberwachung. Die Wasserwirtschaft, H. 8.
— u. Buck, H., 1955: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. GWT **69**, 604.
Schräder, Th., 1932: Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Ufer- und Bodentierwelt fließender Gewässer. Zschr. Fisch. **XII**, 105—127.
Schröder, B., 1897: Über das Plankton der Oder. Ber. Bot. Ges. **45**, 482.
— 1899: Das pflanzliche Plankton der Oder. Forschungsberichte aus der Biol. Station Lunz, 15—24.
Schroeder, K., 1939: Die Algenflora der Mulde. Ein Beitrag zur Biologie saprober Flüsse. Pfl. Forschg. H. 21.
Wetzel, A., 1928: Der Faulschlamm und seine ziliaten Leitformen. Zschr. Morph u. Ökol. d. Tiere **13**.
Zacharias, O., 1898: Das Potamoplankton. Zool. Anz. **XXI**.
Zimmer, G., 1899: Das tierische Plankton der Oder. Forschg. Berichte aus der Biol. Station Lunz, 1—14.
Zimmermann, P., 1959: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf die Fließwasserbiozönose. Manuskript, Vortrag, XIV. SIL-Kongreß, Wien.

Dipl.-Biol. Günther Walter
Cottbus, Parzellenstraße 1b

Dipl.-Biol. Rolf Scharf
Cottbus, Straße der Jugend 46

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	1	1961	162—173

Ruth Wegelin

Zoologisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig

ÜBER ZWEI EUCAVALE CRUSTACEEN AUS DEM INTERSTITIELLEN GRUNDWASSER DER LEIPZIGER UMGEBUNG

(*Graeteriella unisetiger* Gr. — Copepoda, Cyclopoida — und *Bathynella natans* Vejd. — Anomostraca, Syncarida)

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Wetzel, zum 70. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 162
2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes 162
3. Systematische und ökologische Untersuchungen 164
   a) Copepoda — Cyclopoida 164
   b) Syncarida 165
4. Chemismus des Grundwassers 170
5. Literatur 171

1. Einleitung

Während die Besiedlung des Grundwassers in West- und Südwestdeutschland sowie im Voralpengebiet durch planmäßig durchgeführte biologische Untersuchungen (E. Haine 1946, L. Hertzog 1930, 1933, 1936, 1938, Fr. Kiefer 1935, Rheintal, W. Noll, 1939 W. Noll und H. J. Stammer 1953, Maingebiet, S. Husmann 1956, Harz-Wesergebiet und G. Dichtl, 1959, Voralpen) recht umfassend bearbeitet wurde, ist über die Grundwasserfauna Mitteldeutschlands (Sachsens, Thüringens) bisher nichts bekannt.

Ein Grund dafür ist in der bisher vertretenen Ansicht zu suchen, die Norddeutsche Tiefebene sowie Mitteldeutschland seien infolge der Nordeuropäischen Vereisung nahezu frei von Eucavalarten. Nach eingehenden Untersuchungen konnte aber Husmann (1956) S. 165, feststellen: „Die diluviale Vereisung erweist sich somit für die Fauna des Sandlückensystems keineswegs als lebensfeindlich und verbreitungshemmend, sondern eher noch als besonders günstig, weil sie viele Ausdehnungsmöglichkeiten schuf.“

Nach diesem Gesichtspunkt beurteilt, mußte gerade die weitere Umgebung von Leipzig auf erfolgreiche Grundwasseruntersuchungen hoffen lassen. Denn einmal bot der über das Gebiet mehrmals hinwegziehende Eisrand mit seinen Schmelzwasserströmen eine weitgehende Ausbreitungsmöglichkeit, und zum anderen stellen die grundwasserführenden, fluviatil abgelagerten Schottermassen der diluvialen Flüsse (Mulde, Weiße Elster, Pleiße) für die Subterranfauna den geeignetsten Lebensraum dar.

2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Leipziger Tieflandsbucht nordöstlich vom Stadtgebiet Leipzigs. Die Leipziger Bucht stellt den zwischen den triassischen Schollen des Saalegebietes und den Porphyrhöhen der Gegend um Wurzen und Grimma ein-

gebetteten und nach Süden vorspringenden Teil des Norddeutschen Tieflandes vor (Gläsel 1950).

Die Oberflächenform des Gebietes wurde durch eiszeitliche Ablagerungen bedingt und trägt den Charakter einer Endmoränenlandschaft.

Der diluviale Muldestrom lagerte in den ersten beiden Zwischeneiszeiten zwischen Grimma - Naunhof Leipzig riesige Sand- und Kiesmassen ab, die von der Grundmoräne des Hauptvorstoßes sowie der Deckgrundmoräne überlagert wurden.

Im ehemaligen Lauf der Mulde fließt die heutige Parthe, die im Tal über den Muldeschottern den Auelehm ablagerte. Außerhalb des Parthetales wird ein großer Teil der Oberfläche von Geschiebelehm und Lößsand gebildet, der einen bis zu 15 % ansteigenden $CaCO_3$-Gehalt aufweist.

Die diluvialen Muldeschotter, die durchschnittlich eine Breite von 4 bis 5 km haben, sind fast überall in ihrer gesamten Mächtigkeit von 12 bis 18 m mit Grundwasser erfüllt. Das Gefälle ist im ganzen westlich bis nordwestlich nach der Parthe zu gerichtet, die von ihrem Ostufer reichliche Grundwassermengen empfängt. Die jährlichen Schwankungen des Grundwasserstandes sind allgemein um so größer, je geringer die Durchlässigkeit der wasserführenden Gesteine ist, bzw. je geringer die Ergiebigkeit des Grundwassers ist.

Die Untersuchungsstellen, Einzelbrunnen, sowie Grundwasserpegelrohre und Quellen, befinden sich im Umkreis von Seegeritz bei Taucha und schneiden den Grundwasserstrom der Muldeschotter an[1]).

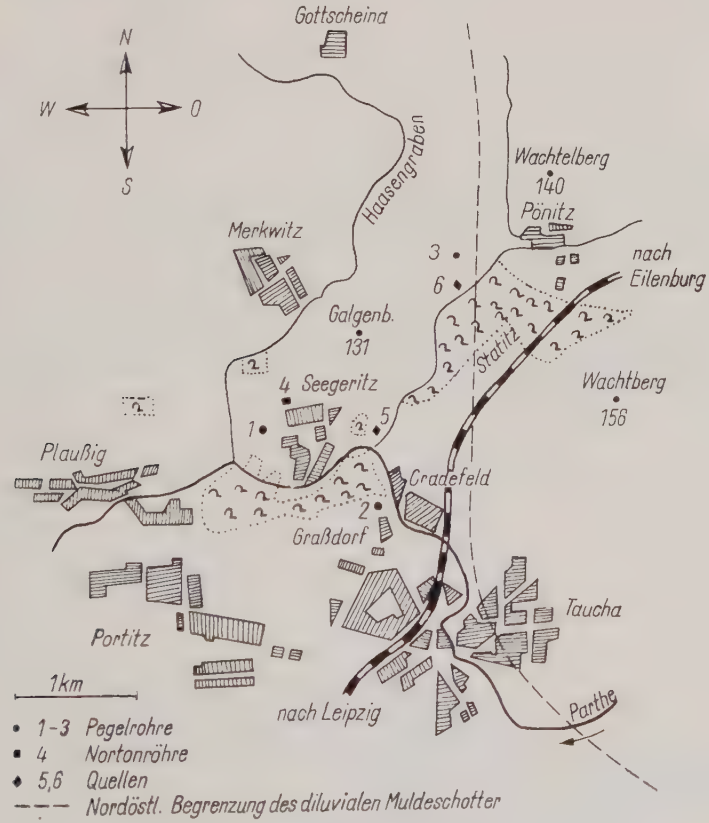


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet nordöstlich von Leipzig.

[1]) Von Herrn Dr. A. Krummsdorf, Institut für Landschaftsgestaltung der Karl-Marx-Universität Leipzig, wurden mir in dankenswerter Weise für meine Untersuchungen die Pegelrohre, Angaben über dieselben, das Bodenprofil sowie Wasserstandsmessungen zur Verfügung gestellt.

Von der Nortonröhre 4 (Abb. 1) in der Baumschule Seegeritz liegen folgende erbohrte Bodenschichten vor:

0,00— 0,20 m Mutterboden	7,20— 8,50 m sandiger Lehm
0,20— 0,80 m Sand	8,50—10,00 m Ton
0,80— 3,70 m sandiger Lehm	10,00—11,50 m Kies trocken lagernd, grob
3,70— 4,00 m Sand	11,50—12,50 m Kies wasserführend, grob
4,00— 6,80 m sandiger Lehm mit Ton	12,50—14,50 m Kies trockenlagernd, grob
6,80— 7,20 m Sand fein	14,50—18,20 m Kies wasserführend, fein[1]).

Quelle Nr. 5 ist eine kleine Limnokrene im offenen Gelände und daher starken Temperaturschwankungen ausgesetzt. Quelle Nr. 6 ist zu den „kleinen Rheokrenen" (BEYER 1932) zu zählen. Beide waren während der langanhaltenden Trockenheit im Sommer 1959 versiegt. Außer in Pegelrohr Nr. 2 konnte in allen Untersuchungsstellen *Graeteriella unisetiger* f. *biarticulata* KIEFER 1926, in Pegelrohr Nr. 2 aber *Bathynella natans* VEJDOVSKY 1882 und damit, zusammen mit ihrer eucavalen Begleitfauna, insbesondere *Troglochaetus beranecki* DELACHAUX 1921, erstmalig im interstitiellen Grundwasser Mitteldeutschlands nachgewiesen werden. Lediglich das Vorkommen von *Troglochaetus* war bisher in diesem Teil Deutschlands aus der Barbarossahöhle/Kyffh. bekannt (SCHULZE u. UHLMANN 1960).

3. Systematische und ökologische Untersuchungen

a) Copepoda — Cyclopoida

Graeteriella unisetiger f. *biarticulata* KIEFER 1926

Der Typus des an einen Harpacticiden erinnernden Cyclopoiden *Graeteriella unisetiger* (E. GRAETER 1908) wurde in den Höhlen des Schweizer Jura entdeckt. Über weite Gebiete durchgeführte Grundwasseruntersuchungen von P. A. CHAPPUIS, R. GURNEY, E. HAINE, L. HERTZOG, S. HUSMANN, W. KLIE, FR. KIEFER, W. NOLL und H. J. STAMMER ergaben eine weite Verbreitung dieser eucavalen Copepodengattung (Abb. 2). Weniger verbreitet oder bekannt ist die von KIEFER 1926 nach einem einzigen ♀ aus der Wasserleitung von Oefingen beschriebene Varietät, die schon vorher von P. A. CHAPPUIS in zwei Höhlen des Schweizer Jura beobachtet und 1933, S. 73, aufgeführt und beschrieben wurde. KLIE (1933) meldet drei weitere ♀♀ aus einem Brunnen von Bad Pyrmont, R. LERUTH (1939) mehrere Exemplare aus der Grotte de Brialmont und E. HAINE (1946) konnte in ihrem Untersuchungsgebiet sowohl rechts- als auch linksrheinisch ausschließlich die *f. biarticulata* nachweisen.

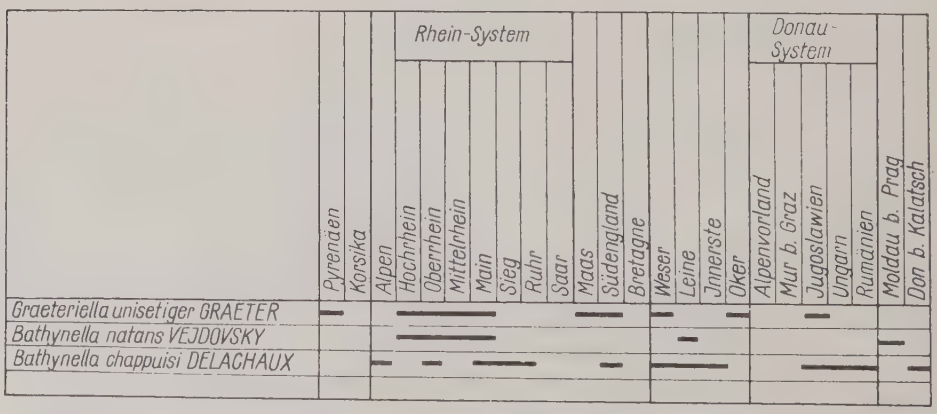


Abb. 2. Geographische Verbreitung von *Graeteriella unisetiger* (E. GRAETER 1908) und den bisherigen beiden *Bathynella*-Arten nach Untersuchungen von ANKEL, CHAPPUIS, E. GRAETER, GURNEY, HAINE, HERTZOG, HUSMANN, KIEFER, KLIE, LERUTH, NOLL und STAMMER.

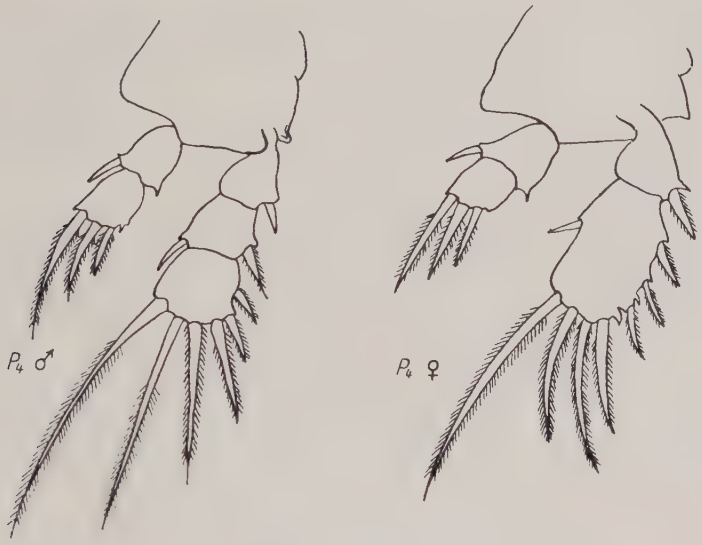


Abb. 3. *Graeteriella unisetiger* f. *biarticulata* Kiefer 1926. P_4 des ♂ und ♀. Vergr. 1 : 500.

Auch bei den im Leipziger Gebiet gefundenen *Graeteriella*-♀♀ sind alle Schwimmfußäste zweigliedrig, während bei den ♂♂ der Exopodit des 4. Schwimmfußpaares wie bei den ♀♀ der Stammform dreigliedrig ist (s. Abb. 3).

Während beide Formen an einem Wohnort gemeinsam auftreten können, sind alle bisher im Raum Leipzig gefundenen Tiere *Graeteriella unisetiger* f. *biarticulata* Kiefer 1926.

Das bei der Gattung durch seine Größe auffallende Analoperculum variiert in seiner Ausbildung beträchtlich. Bei einem ♂ trat es einzipflig, ganzrandig auf, wie es von Kiefer 1926 für die Varietät als charakteristisch beschrieben wurde. Bei allen übrigen Tieren ist der dreieckige Analdeckel wie bei der Stammform 2- bis 4zackig grob gesägt.

Fundorte (wenn nicht anders erwähnt, aus 100 l filtriertem Wasser):

PR_1	19. 5. 1959	114 ♀♀	2 ♂♂ (in etwa 10 l Wasser)
	17. 12. 1959	biologische Probe nicht entnehmbar, da Rohr verschlammt	
	15. 3. 1960	4 ♀♀ (in wenigen Litern Wasser)	
PR_3	3. 6. 1959	2 ♀♀	
	15. 12. 1959	2 ♀♀	1 ♂
	14. 3. 1960	12 ♀♀	
NR_4	19. 5. 1959	15 ♀♀	
Qu_5	21. 5. 1959	1 ♀	
Qu_6	14. 3. 1960	15 ♀♀	

Länge der Tiere ohne Furkalborsten: ♀♀ 0,353—0,576 mm
♂♂ 0,380—0,498 mm

pH 5,8—6,3
T_W Minimum 8,9 °C, Maximum 11,4 °C, Amplitude 2,5 °C
T_W der Quellen: 13,6 °C (Qu_4), 3,5 °C (Qu_5)
O_2-Sättigung: 1,2—85 %
ΣN: 2,1—7,0 mg/l N
Schwankungen des Wasserstandes:
PR_1 1,67— 2,56 m unter Terrain. Brunnensohle: 3,45 m
PR_3 1,13— 2,06 m unter Terrain. Brunnensohle: 5,10 m.
NR_4 10,52—10,93 m unter Terrain. Brunnensohle: 18,26 m

Gesamtanalysen der einzelnen Untersuchungen s. Tabelle 1.

Begleitfauna:
Turbellaria, Nematoda, Oligochaeta, Copepoda-Harpactoida, Acarina.

Wurde *Graeteriella*, wenn auch nur in wenigen Exemplaren, bis Juni stets angetroffen, fehlt sie im Sommer und zeitigen Herbst vollkommen. Eine starke Erwärmung des Grundwassers bis 12,9 °C in den Sommermonaten 1959 zwang sie wahrscheinlich, nach Möglichkeit tiefere Schichten aufzusuchen. In der Nortonröhre 4 wurde ihre Existenz durch völligen O_2-Schwund unmöglich gemacht. Mit sinkender Temperatur stieg die Individuenzahl wieder an. Neben den 165 ♀♀ konnten nur 3 ♂♂ erbeutet werden, das sind nur 1,1 % der angetroffenen ♀♀.

Die Funde bei Leipzig bestätigen die Vermutung Husmanns (1956), daß das interstitielle Grundwasser sandig-kiesiger Flußschotter den eigentlichen Lebensraum dieses Cyclopoiden darstellt. Denn auch die Untersuchungsstellen im Seegeritzer Raum reichen in die grob- und feinkörnigen, grundwasserführenden Schotterablagerungen des diluvialen Muldestromes.

Vom interstitiellen Grundwasser aus kann *Graeteriella* in künstliche und natürliche weiträumigere wassererfüllte Hohlräume einwandern oder verschleppt werden und dann mit ausfließendem Grundwasser an die Oberfläche gelangen (Brunnen; Drainausläufe bei Straßburg [Hertzog 1936], Quelle südlich von Metz [Hertzog 1936], Sickerquelle am Berghang bei Oxford und in North-Wales [Gurney 1933] und Quellen bei Leipzig).

b) Syncarida

Familie: Bathynellidae Grobben 1904

Bathynella natans Vejdovsky 1882

Dieses „lebende Fossil" (Thienemann) wurde 1882 von Vejdovsky in einem Brunnen der Prager „Kleinseite" entdeckt. Erst nahezu 30 Jahre später war es P. A. Chappius (1914) vorbehalten, *Bathynella natans* in einem Brunnen bei Basel wiederzufinden. Chappius war es auch, der eine zweite Art, *Bathynella chappuisi* Delachaux 1920 in einer Schweizer Höhle (Grotte de Vert) entdeckte. Bald wurden Zwischenformen beider Arten bekannt und so äußerte sich Chappuis (1944, S. 31): „daß die Tiere jedes Fundorts von denjenigen eines anderen Fundortes ein wenig verschieden sind, aber doch nicht so, daß man sie als andere Arten bezeichnen könnte."

Chappuis hoffte (1944, S. 22), daß eine Untersuchung der inneren Organe Richtlinien für die Artunterscheidung geben könnte. Jedoch Jakobi (1954) kam nach Untersuchung eines zahlenmäßig sehr reichen Bathynellenmaterials zu dem Ergebnis, daß lediglich die Mandibelform und -bezahnung als Unterscheidungsmerkmale für die einzelnen Standortsmodifikationen ausschlaggebend sein können.

Er synonymisiert *Bathynella chappuisi* Delachaux 1920 mit *Bathynella natans* Vejdovsky 1882 und gliedert das Material aus verschiedenen süd- und westdeutschen Gegenden in vier geographische Rassen.

1. *Bathynella natans stammeri* Jakobi 1954
(Abb. 4 A). Verbreitung: Böhmische Masse bis an die Altmühl, vom Regengebiet bis an den Main bei Dettingen (zwischen Hanau und Aschaffenburg).

Die folgenden drei Rassen sind entlang des Rheins anzutreffen:

2. *Bathynella natans nolli* Jakobi 1954
(Abb. 4 B). Verbreitung: südlich der Sieg.

3. *Bathynella natans haineae* Jakobi 1954
(Abb. 4 C). Verbreitung: Nordufer der Sieg, Gebiet der Agger.

4. *Bathynella natans freiburgensis* Jakobi 1954
(Abb. 4 D). Verbreitung: Freiburger Gegend.

Eventuell existiert noch *Bathynella natans chappuisi* (1913 bei Basel gefunden), die aber möglicherweise mit *Bathynella natans freiburgensis* identisch sein könnte.

Die Form und Bezahnung der von Vejdovsky 1882 für die Prager *Bathynella* gezeichnete Mandibel stimmt mit keiner bisher bekannten Bezahnungsweise überein (*Bathynella natans natans*).

Bathynella natans wurde das ganze Jahr über im Pegelrohr 2 (s. Abb. 1) südöstlich von Seegeritz auf der Flur Graßdorf angetroffen.

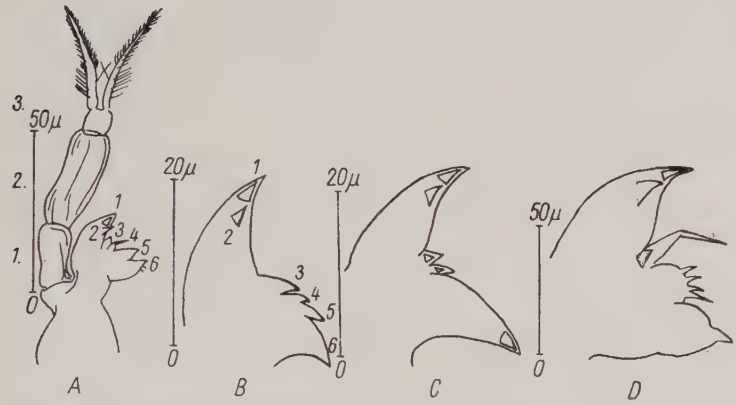


Abb. 4. Mandibelform und -bezahnung der vier geographischen Rassen von *Bathynella natans* nach Jakobi 1954.

A *Bathynella natans stammeri* Jakobi 1954;
B *Bathynella natans nolli* Jakobi 1954;
C *Bathynella natans haineae* Jakobi 1954;
D *Bathynella natans freiburgensis* Jakobi 1954.

Länge der Tiere: ♀♀ 0,630—1,305 mm
♂♂ 0,765—1,260 mm
pH 5,8—6,2
T_W Minimum 8,0 °C, Maximum 13,7 °C, Amplitude 5,7 °C (Abb. 5)
O_2-Sättigung: 19—68 %
ΣN: 0,0—2,1 mg/l N
Schwankungen des Wasserstandes (Abb. 5):
4,10—4,44 m unter Terrain, Brunnensohle: 6,30 m
Gesamtanalysen der Untersuchungen s. Tabelle 1
Begleitfauna:
Protozoa, Turbellaria, Nematoda, Oligochaeta, Polychaeta (Archiannelida *Troglochaetus beranecki* Del.), Copepoda-Harpactoidea, Acarina.

Bei einer maximalen Erwärmung des Grundwassers von 13,7 °C lag das Minimum der Ausbeute in den Monaten Juli bis September 1959, während die reichlichsten Fänge in die Monate November bis Dezember 1959 fielen (T_W 11,4 bis 8,9 °C). Wurden sonst keine oder relativ wenige ♂♂ erbeutet, stieg die Anzahl der ♂♂ im Verhältnis zu den ♀♀ von Dezember 1959 bis Februar 1960 an. Im März 1960 ging die Individuenzahl wieder zurück, jedoch bleiben die ♂♂ noch in der Überzahl.

Nach den bisher berücksichtigten äußeren Merkmalen (Borsten und Stacheln am Proto-, Endo- und Exopoditen der Uropoden, 8. Thorakopode des ♂) würden die bei Leipzig gefundenen Bathynellen neben zahlreichen Zwischenformen eher zur bisher geführten Art *Bathynella chappuisi* gehören.

Die Mandibel weicht in der Bezahnung von bisher bekannten Formen ab (Abb. 6). Zahn 1 mit seinem kleinen Nebenzahn 2 ist am kräftigsten ausgebildet. Zahn 6 und 5 sind in ihrem basalen Teile stark verbreitert und letzterer ist in zwei scharfe Spitzen gespalten. Der fast keilförmige Zahn 3 und der schmale, leicht bogig verlaufende Zahn 4 stehen etwas schräg zueinander.

Weitere Funde und Untersuchungen müssen erst den Beweis erbringen, ob das Material aus dem Leipziger Raum einheitlich ist, um eventuell eine neue Rasse der *Bathynella natans* abgliedern zu können. Jedoch erscheint dies nicht als idealste Lösung des *Bathynella*-Problems, denn schon Jakobi (1954) war sich selbst klar, „daß unter jenen Gesichtspunkten die Rassenzersplitterung verwirrend groß wird "(S. 48).

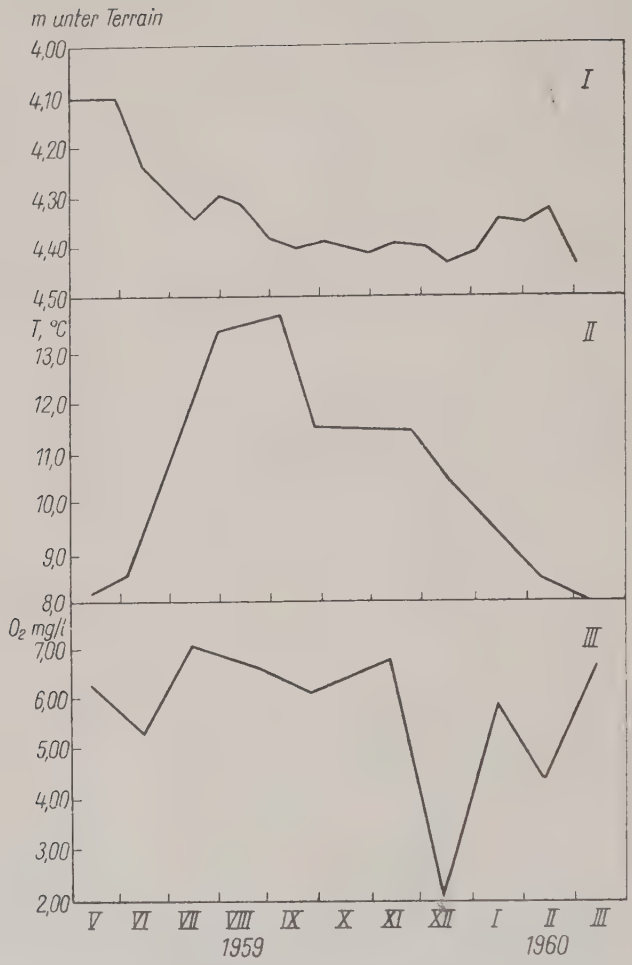


Abb. 5. Wasserstands-(I), Temperatur-(II) und Sauerstoffschwankungen (III) im Pegelrohr 2 von Mai 1959 bis März 1960.

Abb. 6. Mandibel der Leipziger *Bathynella natans* VEJD. (I = 1. Glied des Mandibelpalpus).

Tabelle 1. Gesamtanalysen der Grundwasseruntersuchungsstellen

Untersuchungsstelle	Datum	T_w°C	pH[1])	O_2 mg/l	PV mg/l	SBV n/10 HCl	Karb. H. dHG	CaO dHG	Mg dHG	NO_3 mg/l	NO_2 mg/l	NH_4 mg/l	Fe ges mg/l	SO_4 mg/l	Cl mg/l	PO_4 γ/l
PR_1	19. 5. 1959	11,4	6,0	4,2	25	2,3	6,4	22,8	8,4	4,4	0,2	< 1,0	0,0	(—)	30	(—)
	25. 9. 1959	13,4	6,1	4,0	20	4,0	11,2	26,0	1,6	0,9	0,4	< 1,0	1,0	319	27	Spur
	17. 12. 1959	7,7	5,7	6,5	16	1,4	3,9	27,6	2,2	0,0	0,0	< 1,0	0,0	172	18	Spur
	14. 3. 1960	Rohr verschlammt. Chemische Probe nicht entnehmbar														
PR_2	23. 5. 1959	8,2	6,3	6,3	12	2,7	7,6	29,6	4,3	1,8	0,0	0,0	0,0	315	54	(—)
	3. 6. 1959	8,5	6,2	5,4	13	3,1	8,7	27,9	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	335	52	(—)
	31. 7. 1959	13,4	6,1	7,2	11	3,6	10,1	30,4	6,0	2,8	0,0	0,0	0,0	379	67	3
	2. 9. 1959	13,7	5,8	6,5	1	3,0	8,4	30,4	4,8	2,6	0,0	0,0	0,25	432	67	Spur
	25. 9. 1959	11,4	5,9	6,2	3	4,0	11,2	30,4	2,4	2,5	0,0	0,0	0,7	410	79	Spur
	14. 10. 1959	11,4	5,8	6,3	4	3,2	8,9	30,7	2,7	2,7	0,0	0,0	0,5	417	81	Spur
	9. 11. 1959	11,4	5,8	6,8	8	3,2	8,9	30,8	7,2	3,0	0,0	0,0	0,3	445	84	2
	17. 12. 1959	10,4	6,1	2,2	8	3,2	8,9	31,2	5,4	2,5	0,0	0,0	0,1	389	68	0,0
	18. 1. 1960	9,4	5,8	5,9	8	3,2	8,9	30,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	359	52	Spur
	22. 2. 1960	8,4	5,9	4,4	12	3,5	9,8	25,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,3	324	46	Spur
	15. 3. 1960	8,0	6,2	7,2	10	3,4	9,5	25,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	351	60	Spur
PR_3	3. 6. 1959	10,0	6,0	7,6	14	3,2	8,9	32,6	4,9	2,4	0,0	0,0	0,0	365	63	Spur
	1. 9. 1959	12,9	6,1	5,4	10	2,4	6,7	37,0	1,6	4,0	0,0	0,0	0,0	403	72	Spur
	15. 12. 1959	8,9	5,8	5,5	9	2,4	6,7	30,8	2,0	4,8	0,0	0,0	0,0	349	92	Spur
	14. 3. 1960	6,0	6,3	8,3	10	3,8	10,6	39,6	4,0	4,4	0,5	< 1,0	0,0	425	108	Spur
NR_4	19. 5. 1959	9,6	6,0	0,1	11	3,4	9,5	13,6	3,4	0,0	0,0	< 1,0	0,0	(—)	25	(—)
	1. 9. 1959	9,8	5,8	0,0	4	3,0	8,4	15,0	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	96	27	0,0
	15. 12. 1959	nicht abpumpbar														
	14. 3. 1960	9,6	5,9	0,0	16	3,0	8,4	14,4	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	102	32	0,0
Qu_5	21. 5. 1959	13,6	6,3	2,5	29	3,7	10,4	33,7	4,4	1,0	0,2	0,0	0,0	378	64	(—)
Qu_6	14. 3. 1960	3,4	5,9	11,0	11	2,8	7,8	36,8	4,0	2,6	0,0	< 1,0	0,0	422	132	0,0

[1]) pH wurde mit Stuphanpapier des GmbH Feinchemie Sebnitz gemessen. Neuerdings durchgeführte Vergleichsmessungen mit einer niederohmigen Glaselektrode des pH-Automaten DRP nach Prof. Dr. Schwabe ergeben Abweichungen bis 1,2.

Leider steht eine Auswertung des reichhaltigen Bathynellenmaterials aus dem Harz-Wesergebiet (HUSMANN 1956) noch aus. Es wäre doch, unter Beibehaltung der Aufgliederung nach der Mandibelform, wissenswert, ob zwischen den Rassen des Rheintales und einer eventuell aus Sachsen Übergänge auftreten und wo deren geographische Abgrenzungen liegen.

Bathynella natans ist als stenothermes Kaltwassertier im Grundwasser alluvialer und diluvialer Schotterablagerungen von England über Mittel- bis Südeuropa verbreitet (s. Abb. 2). Da sie eng an die fluviatil abgelagerten Sande und Kiese der Uferzonen, Talauen und Terrassen gebunden ist, verwundert ihr Vorkommen im Untersuchungsgebiet nicht. Durch die geringe Körpergröße wird die Ausbreitung dieses Krebses im Sandlückensystem noch begünstigt.

4. Chemismus des Grundwassers

Obwohl das Gefüge des Sandlückensystems den hauptsächlich auslesenden Faktor für die Besiedlung des Grundwassers durch Eucavalarten darstellt, scheinen diese doch noch von der Wassergüte abhängig zu sein. Untersuchungen HUSMANNS (1959) ergaben ähnlich den biologischen und chemischen Befunden in nordöstlichen und anderen Teilen des Leipziger Raumes, daß Eucavalarten Wasser besonderer Güte zu bevorzugen scheinen. Ihr Vorkommen ohne Vergesellschaftung mit tycho- und xenocavalen Organismen ist als unbedenklich zu betrachten, da dann Oberflächeneinflüsse nicht in Frage kommen.

Grundwasser, in dem Eucavalarten anzutreffen sind, hat oligosaproben Charakter. Obwohl der Kaliumpermanganatverbrauch im allgemeinen nicht über 12 mg/l betragen soll, sind die angetroffenen Werte (s. Tabelle) völlig unbedenklich, da sie wohl größtenteils auf eingeschwemmte Huminsäuren zurückzuführen sind. Während des trockenen Sommers 1959 sank bei fast gleichmäßig niedrigem Wasserstand der PV weitgehend und erreichte erst mit steigendem Grundwasserspiegel wieder höhere Werte. Der bei nahe 25,0 mg/l liegende PV des Pegelrohres 1 westlich von Seegeritz ist auf dessen Lage in einem moorig-torfigen Gebiet zurückzuführen. Die hohen Cl'- und SO_4''-Werte sind durch den Untergrund bedingt, zeigen also keine Verschmutzung des Wassers an, da im Zusammenhang damit die NO_2'- und NH_4-Werte wesentlich höher liegen müßten. Die Grundwasserfauna scheint gegen die hohen Cl'- und SO_4''-Gehalte sowie die hohe Ca-Härte relativ unempfindlich zu sein, während $Fe(OH)_3$ eine Verarmung an Formen vermuten läßt.

Nachtrag

Nach Drucklegung vorliegenden Beitrages wurden mir drei weitere Arbeiten bekannt, die sich unter anderem mit dem Problem der Rassenaufgliederung von *Bathynella natans* VEJD. beschäftigen:

ŠTĚRBA, OT., 1956: Vzácní a noví korýši našich krasových vod. Biológia, XI. 7, p. 385—402, Bratislava.

KULHAVÝ, V., 1957: Druhý nález Bathynelly v čechách a několik poznámek k systematice čs. Bathynell. Věst. čs. spol. zool. XXI, Nr. 3, p. 384—387.

– 1960: I. Beitrag zur Kenntnis der Curstaceenfauna tschechoslowakischer Grundgewässer. Ebenda, XXIV, Nr. 4, p. 287—306.

ŠTĚRBA 1956 beschreibt *Bathynella natans hraběi* f. *nova* aus der Belaner Höhle in der Slowakei. KULHAVÝ 1957 berichtet über Formen aus Böhmen, dem südslowakischen Karst und aus der Ostslowakei, die der f. *hraběi* nahestehen, doch im Mandibelbau nicht vollkommen übereinstimmen. Jedoch sollen sie wahrscheinlich die typische Form der *Bathynella natans natans* VEJD. 1882 darstellen (KULHAVÝ, 1957, p. 286). Als sehr wesentlich sei hier hervorgehoben, daß alle tschechoslowakischen *Bathynella*-Formen an den Mandibeln 7 Zähne tragen (*Bathynella natans stammeri* nur 6!). Hieraus ergibt sich, daß *Bathynella natans* aus dem Leipziger Gebiet der tschechoslowakischen Rasse weit näher als denen aus West- und Südwestdeutschland steht.

5. Literatur

Ankel, W. E., 1943: Bathynella, Troglochaetus und Fonticola bei Darmstadt. Zool. Anz. **142**, 181—183.

Beyer, H., 1932: Die Tierwelt der Quellen und Bäche des Baumbergegebietes. Abhandl. westfäl. Prov. Mus. f. Naturk. Münster. 3. Jahrg., 19—185.

Chappuis, P. A., 1914: Über die systematische Stellung von Bathynella natans Vejd. Zool. Anz. **XLIX**, 45—47, Leipzig.

— 1920: Die Fauna der unterirdischen Gewässer der Umgebung von Basel. Diss. Stuttgart.

— 1933: Copépodes (prem. sér.). Avec l'énumeration de tous les Copépodes Cavernicoles connus en 1931. Arch. Zool. expériment. génér. **76**, 1—57.

— 1944: Die Grundwasserfauna des Köros und des Szamos. Math. es Termeszettudomanyi Közlemenyek **XL**, Budapest, 1—42.

Delachaux, Th., 1920: Bathynella chappuisi nov. spec. un nouvelle espèce de crustacé cavernicole. Bull. Soc. des sciences nat. de Neuchâtel **XLIV**, 237—258.

Dichtl, G., 1959: Die Grundwasserfauna im Salzburger Becken und im anschließenden Alpenvorland. Arch. Hydrobiol. **55**, 3, 281—370.

Etzold, F., 1912: Erläuterungen zur geologischen Karte von Sachsen (Maßstab 1 : 25000), Sektion Seehausen. Zschortau.

Gläsel, R., 1950: Die geologische Entwicklung Nordwestsachsens. Zschr. Erdkundeunterricht 2. Jhrg., Sonderheft, Berlin/Leipzig 2—112.

Graeter, E., 1911: Die Copepoden der unterirdischen Gewässer. Arch. Hydrobiol. **VI**, 1—48, 111—152.

Gurney, R., 1932/33: British Fresh-Water Copepoda, Vol. II Harpact., Vol. III, Cyclopoida. Ray Society/London.

Haine, E., 1946: Die Fauna des Grundwassers von Bonn mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen. Inaug.-Diss., Melle in Hannover, 144 S.

Hertzog, L., 1930: Notes sur quelques Crustacés nouveaux pour la plaine d'Alsace (Bas-Rhin). Bull. Ass. Phil. Alsace-Lorraine **VII**, Fasc. 5, 355—364.

— 1933: Bogidiella albertimagni sp. nov. ein neuer Grundwasseramphipode aus der Rheinebene bei Straßburg. Zool. Anz. **402**, 225—227.

— 1936: Crustaceen aus unterirdischen Biotopen. Zool. Anz. **114**, 271—279.

— 1938: Crustaceen aus den unterirdischen Biotopen des Rheintales bei Straßburg. III. Mitt. Zool. Anz. **123**, 45—56.

Husmann, S., 1956: Untersuchungen über die Grundwasserfauna zwischen Harz und Weser. Arch. Hydrobiol. **52**, 1/2, 1—184.

— 1959: Neuere Ergebnisse der Grundwasserbiologie und ihre Bedeutung für die Praxis der Trinkwasserversorgung. Gewässer und Abwässer H. 24, 33—48.

Jakobi, H., 1954: Biologie, Entwicklungsgeschichte und Systematik von Bathynella natans Vejdovsky. Zool. Jahrb., Syst. **83**, 1—184.

Kiefer, Fr., 1925: Über einen neuen Fundort von Bathynella (Syncarida). Zool. Anz. **64**, 101—102.

— 1926: Über einige Krebse aus der Wasserleitung von Oefingen. Schr. Ver. Gesch. u. Naturgesch. d. Baar H. **XVI**, Tübingen 273—283.

— 1928: Zur Kenntnis der geographischen Verbreitung von Bathynella chappuisi Delachaux (Syncarida). Zool. Anz. **78**, 123—125.

Klie, W., 1933: Neue deutsche Fundorte von zwei seltenen Krustern des Grundwassers. Mitt. über Höhlen- und Karstforschg. H. **1**, 27—30.

Leruth, R., 1939: La Biologie du domaine souterrain et la faune cavernicole de la Belgique. Mem Mus. roy. Hist. nat. Belg. No. **87**, 1—506.

Noll, W., 1938: Ein neuer deutscher Fundort eines seltenen Krusters aus dem Grundwasser (Bathynella chappuisi Delachaux). Natur und Volk **68**, 8, 411—415.

— 1939: Die Grundwasserfauna des Maingebietes. Mitt. Nat. Mus. Aschaffenburg 3—26.

— u. Stammer, H. J., 1953: Die Grundwasserfauna des Untermaingebietes von Hanau bis Würzburg mit Einschluß des Spessarts. Mitt. Nat. Mus. Aschaffenburg **6**, 77 S.

Schulze, E., u. Uhlmann, D., 1960: Beitrag zur Faunistik der Barbarossahöhle. Zool. Anz. **164**, 3/4, 122—132.

Vejdovsky, Fr., 1882: Tierische Organismen aus den Brunnengewässer von Prag. Selbstverlag. Prag.

Wagler, E., 1937: Crustacea. In Tierwelt Mitteleuropas, hrsg. von P. Brohmer, P. Ehrmann. G. Ulmer, II. Bd. Lief. 2a, Leipzig, 1—224.

Dipl.-Biol. Ruth Wegelin,
Zoologisches Institut der
Karl-Marx-Universität Leipzig,
Abteilung für Trink-, Brauch- und
Abwasserbiologie,
Leipzig C 1,
Talstraße 33

Berichtigung zu Heft 4/1960

S. 474, 3. Zeile: 571 roi were brought

S. 476, 5. Zeile von unten: Oncorhynchus taschwytscha

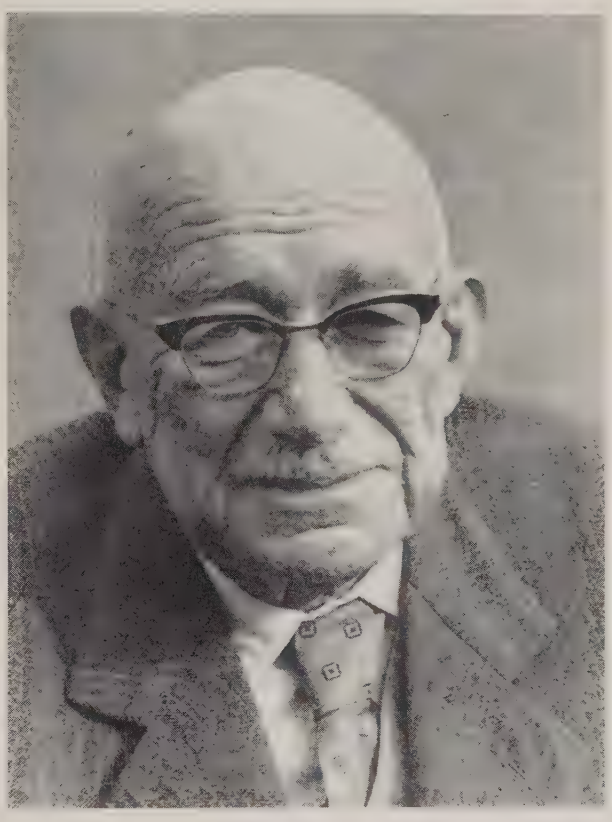
S. 478, 7. Zeile von unten: Oncorhynchus tschawytscha

S. 480, 11. Zeile: Fowler, H. W., 1938: The fishes of the George...

S. 480, 18. Zeile: van Dine, D. L., 1907: The Introduction of Tiip-Minnows into the Hawaiian Islands.

Seiten 517 und 521: In den Abbildungen 3c und 4c sind die positiven und negativen Summen nicht übereinandergelegt, sondern in graphischer Addition abzubilden.

Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 2 | 1961 | 173—174



Franz Ruttner

Franz Ruttner †

Am Nachmittag des 17. Mai 1961 setzte ein plötzlicher und schmerzloser Tod dem Leben Franz Ruttners ein Ende. Der letzte Große aus der Gründerzeit der Limnologie ist von uns gegangen.

Ruttner stammte aus Schönfeld in Nordböhmen, wo er am 12. Mai 1883 geboren wurde. Seine Universitätszeit verbrachte er in Prag und beendete sie mit einer Doktorarbeit über die Flora der Prager Wasserleitung. Schon den Studenten aber zog es immer wieder zu den Gewässern hin, und so kam es, daß Zacharias dem jungen Mann die Aufgabe stellte, auf dem Plöner See die Vertikalwanderung planktischer Krebse zu

studieren, auf die man ein paar Jahrzehnte vorher aufmerksam geworden war. Bis in sein hohes Alter galt RUTTNERS Interesse diesem Problem, zu dessen Erforschung er vieles beitragen konnte.

1906 wurde es Assistent von Prof. WOLTERECK an der neu gegründeten hydrobiologischen Anstalt in Lunz am See, deren Leitung er wenig später selbst übernahm. Bis an sein Lebensende blieb Lunz die Stätte seines Wirkens; die Ferienkurse, die er hier einrichtete, führten Generationen junger Studenten in die Limnologie ein und verliehen dem kleinen Ort Niederösterreichs von Jahr zu Jahr größere Anziehungskraft.

Zwei Ereignisse markieren das Schaffen RUTTNERS als Saat und Ernte: 1929 war er Teilnehmer der Limnologischen Sundaexpedition und wurde dadurch — gemeinsam mit THIENEMANN — zum Begründer der Limnologie tropischer Seen. Seine umfangreichen Bearbeitungen des Chemismus, des Planktons und der Vegetation der Seen auf Java, Sumatra und Bali bilden für immer die Grundlage tropischer Gewässerforschung,.

Die drei folgenden Jahrzehnte führten RUTTNER jeweils nur für kurze Zeit aus Österreichs Grenzen heraus. Große Arbeiten über Nährstoffgehalt und Plankton zahlreicher Seen des Landes sind die Frucht dieser Jahre. Immer wieder aber meldete sich in ihm auch der Pflanzenphysiologe, der Schüler des großen HANS MOLISCH. So erbrachte er als erster den exakten Beweis, daß submerse Phanerogamen die Bicarbonate des Wassers spalten können, indem sie ihnen bei der Photosynthese das CO_2 entziehen, und genau 20 Jahre später gelang es ihm, zu zeigen, daß die Wassermoose diese Fähigkeit nicht besitzen. Die Entdeckung, daß selbst innerhalb einer Art die Lichtansprüche der Pflanze verschieden sind je nach der Wassertiefe, in der sie wächst, lenkte seine Aufmerksamkeit auf die Strahlungsverhältnisse im Wasser, über die er — gemeinsam mit SAUBERER — ein grundlegendes Werk verfaßte. Sein „Grundriß der Limnologie", den in 3. Auflage fertigzustellen ihm noch vergönnt war, gilt als Beispiel für Kürze und Prägnanz. Die englische Übersetzung machte dieses Buch in der neuen Welt in weitesten Kreisen bekannt.

Und so bereitete sich das zweite große Ereignis seines Lebens vor, als 1953 die Internationale Limnologische Vereinigung beschloß, entgegen der Regel 1959 zum zweiten Male Österreich als Kongreßland zu wählen, um damit FRANZ RUTTNER zu ehren. So kam der Tag, da er in Wien den 14. Limnologenkongreß eröffnete, und wer dann zugegen war, als RUTTNER im großen Festsaal des Esterhazyschlosses zu Eisenstadt Haydns unsterbliche Musik ankündigte, die von hier aus in die Welt gegangen war, der fühlte, daß ein Mann am Gipfel eines erfüllten Lebens stand. Ein großer Forscher und ein großer Mensch, beide haben hier den Dank unserer Generation erhalten. Jahrzehnte hindurch nahm sein ländliches Heim, wenige Schritte vom Institut entfernt, jeden Fremden mit gleicher Herzlichkeit auf, ob er nun kam als Kriegsgefangener, als Flüchtling oder als mächtiger Mann aus einem anderen Lande. Und niemand, der hier FRANZ RUTTNER gegenübersaß oder durch Frau Ruttner an die große Familientafel gebeten wurde, wird je die Fülle der köstlichen Geschichten vergessen, deren Humor zum ureigensten Wesen RUTTNERS gehörte. Man sollte sie sammeln, diese Geschichten, denn sie sind seine Selbstbiographie, die er im Gedächtnis seiner Freunde aufgeschrieben hatte.

Vielleicht mag es gerade die Erinnerung an diese Stunden gewesen sein, die wie in mir auch in anderen bei der Nachricht vom Tode RUTTNERS die Empfindung auslöste, als habe das Herz der Limnologie für einen Augenblick zu schlagen aufgehört.

FRITZ GESSNER

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	175—183

Hubert Caspers

Hydrobiologische Abteilung des Zoologischen Staatsinstituts und Museums Hamburg

Beobachtungen über Lebensraum und Schwärmperiodizität des Palolowurmes *Eunice viridis* (Polychaeta, Eunicidae)

I. Die tages- und mondzeitliche Konstanz des Schwärmens; Bibliographie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 175
2. Das tageszeitliche Auftreten des Palolo 177
3. Die Palolotage 178
4. Die Verteilung der Palolotage im Oktober-November; Paloloregeln 179
5. Bibliographie über den samoanischen Palolo 182

1. Einleitung

Seit Ende des vorigen Jahrhunderts findet der Palolowurm *Eunice viridis* Gray das Interesse der Wissenschaft. Dieser Polychaet wurde das klassische Beispiel einer „lunaren", das heißt zeitlich mit einer bestimmten Mondphase korrelierten Schwärmrhythmik. Nach den ersten Berichten von Collin, Friedländer, Krämer und Whitmee wurden an die mitgeteilten Daten über die Termine des Abstoßens der epitoken Körperabschnitte — die Tage um das 3. Mondviertel im Oktober oder November — mannigfache Hypothesen zur „Erklärung" dieses Phänomens angeschlossen, das dadurch mehr und mehr in Mißkredit kam bis zum Zweifel, ob überhaupt eine so strenge zeitliche Bindung an ein bestimmtes Mondviertel besteht.

Das Phänomen einer lunaren Rhythmik ist anschließend bei einer ganzen Reihe von Polychaeten und anderen marinen Tieren (und Pflanzen) beobachtet worden (Zusammenstellung bei Caspers, 1951, und Korringa, 1957); Hauenschild hat neuerdings durch Experimente die Rhythmik des mediterranen Polychaeten *Platynereis dumerilii* als Photoperiodizität gedeutet.

Die ersten die Samoa-Inseln besuchenden Wissenschaftler waren durch die Eingeborenen mit dem regelmäßigen, das heißt vorherbestimmbaren Massenauftreten der Würmer bekannt gemacht worden. Die Samoaner schätzen die etwa 20 cm langen Würmer als Speise, und da sie nur jeweils wenige Stunden aus dem Wasser geschöpft werden können, war eine möglichst genaue Vorausberechnung der „Palolotage" erforderlich. Das Zutreffen der auf einer langen Tradition basierenden Vorhersagen erwies die Konstanz dieser Erscheinung, wie sie dann in die Wissenschaft eingegangen ist. Viele Fragen blieben allerdings offen, vor allem die nach eventuellen weiteren Schwärmperioden, die möglicherweise wegen einer nur geringen Intensität unbeobachtet blieben. Außerdem war die Biologie des Wurmes weiter zu klären: es wurde bereits frühzeitig festgestellt, daß *Eunice* Gänge in den dicken Korallenblök-

ken der Gattung *Porites* bewohnt und zur Fortpflanzungszeit nur der epitoke Körperteil ins freie Wasser entlassen wird, während der atoke Kopfabschnitt im Gang verbleibt; genauere Untersuchungen hierüber fehlten jedoch.

So erschien es wichtig, den Gesamtkomplex der Palolobiologie genauer zu erarbeiten. Hierzu war mir im Jahre 1959 die Gelegenheit geboten im Anschluß an einen Forschungsaufenthalt auf Hawaii (zu Beobachtungen über die Schwärmrhythmik mariner Chironomiden). Im Oktober dieses Jahres untersuchte ich den Lebensraum des Palolo auf verschiedenen samoanischen Inseln und beobachtete das Schwärmen, das „programmgemäß" auf 3 Tage verteilt vom 24. bis 26. X. stattfand. Es gelang mir, längere Datenreihen des Palolo-Auftretens in zurückliegenden Jahren zu sammeln, um so auf Grund neuen Materials die Beziehung des zeitlichen Auftretens der epitoken Würmer zum Mondumlauf genauer zu analysieren.

Die Ergebnisse sollen in einer Reihe von Arbeiten mitgeteilt werden. Es muß gleich eingangs darauf hingewiesen werden, daß das Ziel dieser Untersuchungen nicht darin bestehen kann, „die" Ursache des Paloloschwärmens zu ermitteln: hierzu fehlen noch manche Voraussetzungen. Hinzu kommt, daß es sich anscheinend um einen sehr komplexen Vorgang handelt, der schwierig experimentell — zumal auf Samoa — zu analysieren ist. Meine Aufgabe war — bescheidener —, die Biologie des Wurmes so vollständig zu klären, wie es bei meinem beschränkten Aufenthalt möglich war. Hierzu gehörte es, das Schwärmphänomen überhaupt erst einmal zeitlich exakter zu fixieren mit dem Ziel, eine „Regel" zu finden. Als weiteres sollte dann versucht werden, engere zeitliche Korrelationen der Schwärmrhythmik zum Wechsel der Gezeiten, zu meteorologischen Fakten und gegebenen astronomischen Situationen (Mond- und Sonnenstand) zu finden, ohne daß damit — wenigstens zunächst — eine direkte Kausalitätskette erschlossen — oder auch nur angedeutet — werden soll. Meine Aufgabe ist also eine Phänomenanalyse, die um so notwendiger erscheint, als — wie oben erwähnt — durch wuchernde Hypothesen der ganze Komplex belastet worden ist.

Herr Prof. Dr. K. v. HAFFNER hat dankenswerterweise die morphologische Bearbeitung des von mir gesammelten Materials an atoken und epitoken *Eunice viridis* übernommen und so auch die Frage der systematischen Zuordnung dieser species geklärt. Seine Abhandlung ist im vorliegenden Heft der „Intern. Revue" (S. 184—204) enthalten. — Eine Reihe weiterer Spezialuntersuchungen wird später veröffentlicht werden.

Die astronomische Auswertung der Palolodaten geschieht in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. J. LARINK, Hamburger Sternwarte in Hamburg-Bergedorf, dem ich für sein Interesse und seine vielen Hinweise besonders danke.

Bei meinem Aufenthalt auf Samoa hatte ich mannigfache Unterstützung, und es ist mir ein herzliches Bedürfnis, meinem Freund Dr. JON L. HERRING vom Agricultural Department, Government of American Samoa, zu danken, der mir in größter Gastfreundschaft bei meinen Beobachtungen auf den Riffen von Tutuila behilflich war, ebenso seinem samoanischen Assistenten SIMI, der mir unermüdlich beim Transport der schweren Korallenbrocken und beim Herausmeißeln der kompletten Palolowürmer half. In Apia habe ich meinen Gastgebern Familie K. STÜNZNER ebenso zu danken, weiter Herrn Dr. THIEME. Ferner gilt mein Dank den Lehrern und Missionaren der Marist Samoan Mission, durch welche ich einen großen Teil der Palolodaten erhielt; vor allem die Brüder HERMANN und MICHAEL in Pago Pago, die über 40 Jahre im Lande sind, konnten mir wertvolle allgemeine Hinweise geben. Pater LABRECQUE von der Station Moamoa bei Apia war mir behilflich bei der Archivsuche nach Aufzeichnungen des verstorbenen Paters BRIAND, die mannigfache Palolo-Notizen zu Tage brachten. Und auch ein herzlicher Dank an Herrn MAX HALECK in Pago Pago, der als naturbegeisterter Kaufmann viele Jahre Notizen über das Paloloauftreten gemacht hat, die er mir zur Verfügung stellte. Weiter danke ich für die freundliche Aufnahme auf den oft entlegenen Stationen der Marist Brothers und der London Missionary Society bei meinen Reisen auf Upolu und Savaii. — Meinen

ergebenen Dank sage ich dem Governor of American Samoa und den neuseeländischen Verwaltungsbehörden für die Genehmigung, freizügig meine Forschungen auf Tutuila und Upolu-Savaii durchzuführen.

Für meine Reise nach Samoa hatte ich finanzielle Unterstützung durch mehrere Hamburger Firmen, denen ich besonders danke.

2. Das tageszeitliche Auftreten des Palolo (vgl. Abb. 1)

Nach den übereinstimmenden Mitteilungen der Autoren des 19. Jahrhunderts „erscheinen die Würmer in der Morgendämmerung" (Collin, 1897, Friedländer, 1898, Krämer, 1899), wobei als Beginn 4 Uhr morgens, das Hauptschwärmen gegen 5 Uhr angegeben wird. Diese Angaben treffen zu, jedoch nur für die Inseln Upolu und Savaii, also den beiden westlichen Inseln des Archipels.

Einige Angaben deuten auf einen, allerdings geringen Unterschied zwischen diesen beiden Inseln, indem der Palolofang auf Savaii „erst bei weit vorgeschrittener Dämmerung" erfolgt (Friedländer, 1898, S. 339). Allerdings wurde mir auch berichtet, daß auf Upolu manchmal der Hauptfang zwischen 5.30 und 7 Uhr ist, wobei allerdings der Beginn des Schwärmens nicht konstatiert wurde. Es scheint aber, daß gewöhnlich der Schwärmbeginn auf Savaii erst gegen 5 Uhr, gegenüber 4 Uhr auf Upolu, einsetzt, der Schwärmhöhepunkt also auf Upolu bereits gegen 5 Uhr, auf Savaii gegen 6 Uhr erreicht wird (diese Angaben in Ortszeit).

Friedländer (1898, S. 339) und Krämer (1899a, S. 28) berichteten auch bereits, daß auf der ostsamoanischen Insel Tutuila der Fang bereits „um Mitternacht" beginnt.

Ich selbst beobachtete das Paloloschwärmen in der Matu'u-Bucht von Tutuila und war an den „Palolotagen" schon am frühen Abend auf der Korallenplattform, um das erste Auftreten der Würmer zu konstatieren.

Wie in früheren Zeiten werden die Palolotage auch heute noch als Volksfest begangen. Die Samoaner sammeln sich auf Tutuila schon am frühen Abend am Ufer, tanzen und feiern das bevorstehende Ereignis. Sie warten bis Mitternacht und gehen dann mit Lampen auf die Korallenplattform. — Von Upolu und Savaii, wo meist Barriereriffe ausgebildet sind, fährt man mit Einbäumen zum Riff; der Fang geschieht hier vom Boot aus oder auch auf dem Riff stehend.

An den zwei Tagen des Paloloschwärmens (am dritten Tag war das Schwärmen nur sehr gering; s. unten) konnte ich genau feststellen, daß die ersten Würmer um 0.30 Uhr Standardzeit = 0.07 Uhr Ortszeit erscheinen. Die Würmer sind dann sehr plötzlich und gleich in ziemlicher Menge im Wasser zu sehen; ihre Zahl steigert sich so schnell, daß bereits nach etwa ½ Stunde der Schwärmhöhepunkt erreicht ist. Es ist zu beobachten, daß die zunächst etwa 20 cm langen Würmer „in Wellen" erscheinen; gelegentlich treten sie klumpenartig gedrängt auf, werden dann aber durch die Brandung verstreut. Aus den Schreien der einzelnen Fanggruppen, die sich um eine Lampe scharen, ist zu entnehmen, wann wieder eine neue „Welle" der Würmer zu sehen ist.

Samoanische Fischer berichteten mir, daß man an der Außenkante des Riffs gelegentlich ganze Klumpen von Palolowürmern aus der Tiefe aufsteigen sehen kann.

Die Würmer werden bei der weiteren Wellenverspülung zerrissen, so daß ihre Länge abnimmt. Das Wasser füllt sich dann mit den blaugrünen Eiern. Wie angegeben, ist der Höhepunkt des Schwärmens bereits etwa nach ½ Stunde erreicht. Die Zahl der Würmer nimmt dann nicht mehr zu, und es hat den Anschein, daß das gesamte Ausstoßen der epitoken Körperabschnitte auf ungefähr eine halbe Stunde beschränkt ist. Die Würmer werden immer mehr zerrissen, und nach etwa zwei Stunden ist

der Fang nicht mehr lohnend. Die kurzstückigen, von Eiern und Sperma entleerten Würmer werden völlig verspült; einige waren später im Strandanwurf enthalten.

Entsprechend wurde mir von Upolu und Savaii berichtet, daß im allgemeinen der Fang auf ungefähr zwei Stunden beschränkt ist, hier also gegen 6—7 Uhr morgens endet.

Einige Berichte von Samoanern lassen annehmen, daß in manchen Jahren der Fang zeitlich ausgedehnter — über etwa 4 Stunden — ist. Dies dürfte wetterabhängig sein, da die Würmer durch die Brandung und allgemein die Windrichtung verschieden verspült werden.

Weiter ist von den am weitesten östlich gelegenen, kleinen Manua-Inseln zu berichten. Ich erhielt von hier mündliche Angaben, daß das Palolo-Schwärmen bereits vor Mitternacht, sogar schon gegen 23 Uhr, einsetzt. Eine sichere Bestätigung war nicht zu erlangen[1]); immerhin würde diese — von mir nicht provozierte — Angabe gut in die Reihe der zeitlichen Verschiebung des Schwärmbeginns von Ost nach West hineinpassen, so daß sie entsprechend, mit Vorbehalt, in Abb. 1 aufgenommen ist.

Für die Fidji-Inseln wird der Eintritt des Palolo-Schwärmens für 04.30 Uhr angegeben, an anderer Stelle „at sunrise" (BURROWS, 1955). Hierauf wird später eingegangen werden.

Wir haben also auf den Samoa-Inseln eine Zusammendrängung des Paloloschwärmens auf etwa zwei Stunden, aber mit einer konstanten geographischen Verschiebung der Tageszeit, wie sie in Abb. 1 eingetragen ist.

3. Die Palolotage

Wie oben angegeben, soll hier zunächst eine Zusammenstellung der festgestellten Palolo-Fangtage gegeben werden: Tabelle 1. Die zusammengetragenen Daten ermöglichen die Herausarbeitung einer „Palolo-Regel".

In einer folgenden Arbeit sollen diese Daten in zeitliche Korrelation zu astronomischen Daten des Mond- und Erdumlaufes, zu den Gezeiten und meteorologischen Fakten gebracht werden zur Prüfung etwaiger engerer Zusammenhänge. Die Problematik solcher Bezüge wird dann zu diskutieren sein.

Die in Tab. 1 aufgenommenen Daten geben nur die Termine des beobachteten Schwärmens an; negative Befunde schloß ich in der Tabelle aus, fehlt also z. B. eine Angabe über Paloloauftreten im November, so ist das Nichtschwärmen in den meisten Fällen direkt festgestellt worden. Aus Jahren, für welche die Tabelle keine Angaben enthält, liegen keine Meldungen vor; hier besagt die Tabelle also nicht etwa, daß in diesem Jahr kein Schwärmen überhaupt stattgefunden hat.

Eingehender sei noch die von mir selbst beobachtete Schwärmperiode 24. bis 26. Oktober 1959 in der Matuu-Bucht von Tutuila beschrieben. Der Hauptfang war am 25. Oktober[2]), wie oben angegeben um 0.30 Uhr beginnend, Höhepunkt zwischen 1.00 und 1.30 Uhr (Standardzeit). Am 24. X. waren nur erst wenige Samoaner zum Fang gekommen, die aber gute Beute machten. Das Massenschwärmen am 25. X.

[1]) Man muß bei den Zeitangaben der Samoaner vorsichtig sein, zumal kaum Fischer eine Uhr besitzen.

[2]) Die Datenfestlegung gerade bei dem kurz nach Mitternacht eintretenden Schwärmen auf Tutuila ist leicht dadurch irrtümlich, daß man „die Nacht" dem Tag datumsmäßig anschließt. In der Tabelle ist versucht worden, diesen möglichen Fehler auszuschließen, was für zurückliegende Jahre natürlich nicht immer möglich ist. Für die Angaben von Upolu und Savaii scheidet dieser Fehler aus, da hier der frühe Morgen eindeutig dem Tagesdatum zugeordnet wird.

Abb. 2. Samoaner beim Palolofang.
Saumriff der Manuu-Bucht auf Tutuila, 25. XI. 1959, 1 Uhr nachts. phot. CASPERS.

kam dann einer großen Volksmenge zugute (Abb. 2). — Am 26. X. war stürmisches Wetter eingetreten, die Korallenplattform hoch überspült, und nur vereinzelte Fischer versuchten einen Fang, mit sehr mäßigem Ergebnis, was wahrscheinlich nur zum Teil durch die Wellenverspülung der Würmer bedingt war: allgemein weist der dritte Palolotag nur noch ein schwaches Schwärmen auf; oftmals fällt er überhaupt aus.

4. Die Verteilung des Palolotage im Oktober-November; Paloloregeln

Aus den mitgeteilten Daten des Paloloschwärmens in zurückliegenden Jahren und den eigenen Beobachtungen 1959 (+ Informationen über das Schwärmen 1960) ergibt sich, daß eine Konzentration des Schwärmens auf 3 Tage gegeben ist, wobei der 2. Tag der Haupttag ist.

Diese Angaben könnten allerdings eine methodische Unsauberkeit haben: die Bestimmung des „Palolotermins" geschieht ja auf Grund der Kenntnis des Termins des 3. Mondviertels, und es wäre zu fragen, ob nicht an anderen Tagen auch — vielleicht in geringeren Mengen — Würmer auftreten, die unbemerkt bleiben, weil man nicht fischt. Aber: Die Somaaner ziehen vielfach zwei bis drei Tage vor dem 3. Mondviertel auf die Korallenriffe und kontrollieren oftmals auch noch nach dem 3. Schwärmtag das Wasser. Und meine eigenen Beobachtungen 1959 bestätigen die Tatsache der Schwärmbeschränkung auf maximal 3 Tage. Weiter gibt es auch samoanische Angaben über ein gelegentliches Paloloauftreten im Dezember oder März (hierauf soll später eingegangen werden), die für eine häufige Kontrolle sprechen.

Die Samoaner haben für die drei Tage eigene Namen, was auch für eine über viele Jahrhunderte bewährte Regelmäßigkeit des Schwärmens spricht.

Tabelle 1. Zusammenstellung der bekannten Daten des Paloloschwärmens auf Samoa

a) Literaturangaben

WH = Whitmee (1875)
ST = Stair (1897)
CO = Collin (1897)
FR = Friedländer (1898)
KR = Krämer (1899)
BU = Burrows (1955)

b) Eigene Quellen

C–1 = Notizen Pater Briand/Upolu
C–2 = Notizen Pater Heslin/Tutuila
C–3 = Notizen Pater Schwehr/Savaii
C–4 = Notizen Max Haleck/Tutuila
C–5 = eigene Beobachtungen 1959
C–6 = Informationen 1960

Jahr	Oktober	November	Sonst. Monate	Beleg
1843	15/16			ST
1862	15/16	14/15		WH
1864	23	21		WH
1865	12/13			WH
1866	31	1		WH
1867	21			WH
1868	8/9	8		WH
1872	24			WH
1873		11/12		WH
1874	31	1		WH; CO
1881			21. III.	CO
1893	31	1		CO
1894	21/22			FR
1895	10/11	8/9		FR
1896	28/29			FR; KR
1897	16/17/18	15/16		KR
1898		4/5		KR
1930	15			C–1
1931	(4)	2		C–1
1932	21/22	19/20/21		C–1; BU
1933	10/11			C–1
1934	28/29			C–1
1935	18/19			C–1
1936		5/6	5/6 XII	BU
1938	16	13/14/15		C–1; BU
1940	23/24			C–2; BU
1942	31			C–2
1943	20			C–1
1944	(8/9)	7		C–1; C–2
1945	28			C–1
1946	15/16/17	15/16		C–1; C–4; BU
1947	5/8	5/6/7		C–1; C–4; BU
1948	24/25			C–1; C–4
1949		12		C–4
1950		1/2		C–4
1951	21	21		C–4
1952		9		C–4
1953	28/29			C–2; C–4
1954	17/18/19			C–3; C–4
1955	(8/9)	5/6/7		C–3; C–4
1956	25/26/27			C–3; C–4
1957		14/15		C–4
1958	(4/5)	2/3		C–3; C–4
1959	24/25/26	22/23		C–5; C–6
1960	13	10/11		C–6

Wie aus der Aufstellung Tab. 1 zu ersehen ist, ist das Paloloschwärmen auf die Monate Oktober und November beschränkt (seltene Ausnahmen sollen später diskutiert werden), wobei die zeitliche Bindung an das 3. Mondviertel konstant ist. Entsprechend liegen die Kalendertage des Paloloschwärmens in jedem Jahr verschieden, da sich das Datum des 3. Mondviertels verschiebt gemäß der Differenz zwischen 12 synodischen Monaten und der Länge des tropischen Jahres (354.367 zu 365.242 Tage), beim Mondjahr also gegenüber dem Kalenderjahr 10.88 Tage fehlen. Das entsprechende letzte Mondviertel liegt damit in jedem Jahr um diese Differenz früher. Rückt es so vom Oktober in den September, ist für den Oktobertermin die Länge eines synodischen Monats = 29.53 Tage hinzuzufügen.

Diese Verschiebung besagt aber auch, daß das Paloloschwärmen in jedem Jahr um 10 bis 11 Tage früher liegt und dann plötzlich ein Sprung um 29—30 Tage „nach vorn" erfolgen muß. Und so ergibt sich die Frage, wann dieser „Sprung" stattfindet, welches also der kritische Termin ist, vor welchem keine Palolo auftreten. Entsprechend ist das Ende der Schwärmperiode herauszuarbeiten.

Die Analyse sämtlicher bekannter Palolo-Daten (Tab. 1) ergibt (vgl. auch Abb. 3):

a) Das Schwärmen ist nicht vor dem 8. Oktober. Liegt das 3. Viertel also am 7. X. oder früher, so tritt der Palolo erst beim nächsten 3. Viertel, also am 6. November oder den Tagen davor auf.

In der Tab. 1 sind — eingeklammert — einige frühere Daten (4.—7. X.) aufgeführt: es handelt sich um Angaben eines sehr geringen Palolo-Auftretens auf Savaii, während bei vorliegenden gleichzeitigen Beobachtungen auf Upolu und Tutuila stets das Fehlen verzeichnet wird.

b) Das Schwärmen im Oktober ist fraglich, wenn das 3. Mondviertel zwischen 8. und 18. X. liegt. Oft fällt es dann ganz aus oder ist nur sehr schwach.

c) Das Schwärmen ist sicher im Oktober, wenn das 3. Mondviertel nach dem 18. X. liegt.

d) Ein Schwärmen im November ist sicher, falls das 3. Mondviertel in diesem Monat vor dem 7. XI. liegt. Diese Schwärmperiode ist nicht mit einer zweiten gekoppelt (vgl. Punkt a).

e) Ein Schwärmen im November bei 3. Mondviertel vom 8.—17. XI. tritt als Hauptschwärmen auf als Wiederholung eines vom 8.—18. Oktober möglichen Palolotermins (vgl. Punkt b).

f) Ein Schwärmen im November kann eintreten bis zum 23. XI. als schwache Wiederholung des Hauptschwärmens nach dem 18. Oktober (vgl. Punkt c).

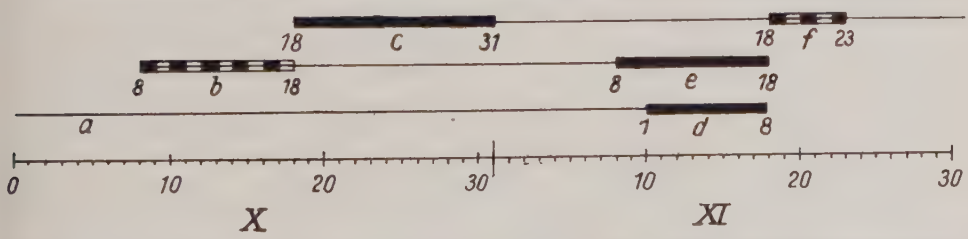


Abb. 3. Die Verteilung des Paloloschwärmens Oktober-November auf Samoa gemäß den „Palolo-Regeln a—f".

Ausgezogene dicke Linien: sichere Schwärmperioden;
Unterbrochene dicke Linien: mögliche Schwärmperioden.

Einige Ausnahmen, so ein Auftreten im Dezember oder März, werden später zu diskutieren sein.

Bei den Daten des 3. Mondviertels ist eine 19jährige Periode vorhanden, die sich entsprechend in den Daten des Paloloschwärmens bemerkbar macht (s. z. B. 24. X. 1940 und 1959).

Es handelt sich hierbei um den aus der Kalenderkunde bekannten „Metonischen Zyklus" (Metonic Cycle) von sehr genau 19 Jahren, nach welchem die gleiche Stellung Sonne-Mond-Erde bei gleichem Kalenderdatum erreicht wird (in 19 tropischen Jahren = 3939.60 Tagen sind 235 synodische Monate = 3939.69 Tage enthalten).

Wir können also, wenn wir die Konstellation Sonne-Mond-Erde bei den Palolodaten mit in Betracht ziehen, im Abstand von 19 Jahren mit ungefähr den gleichen astronomischen Verhältnissen rechnen. Auf diese Beziehungen soll in einer weiteren Abhandlung näher eingegangen werden.

5. Bibliographie über den samoanischen Palolo

BECKE, L., 1909: 'Neath Australs kies'. Chapter XVIII: The Palolo worm of Samoa. London: John Milne, pp. 289—294.

BERRILL, N. J., 1948: Breeding and the sun and moon. Natural History, New York.

BRUNELLI, G., & SCHOENER, H.: Die Frage der Fortpflanzungsperiodizität des Palolowurmes im Lichte der allgemeinen Biologie der Chaetopoden. C. R. 6e Congr. Int. Zool., Berne. 647—662.

BURROWS, W., 1945: Periodic spawning of „Palolo" worms in Pacific waters. Nature **155**, 47—48.

— 1955: „Palolo", Notes on the periodic appearance of the annelid worm Eunice viridis (Gray) in the Southwest Pacific Islands. J. Polynes. Soc. **64**, 1, 137—154.

CASPERS, H., 1951: Rhythmische Erscheinungen in der Fortpflanzung von Clunio marinus (Dipt. Chiron.) und das Problem der lunaren Periodizität bei Organismen. Arch. Hydrobiol. Suppl. **18**, 415—594.

COLLIN, A., 1897: Bemerkungen über den eßbaren Palolowurm, Lysidice viridis (Gray). Anhang zu A. KRÄMER „Über den Bau der Korallenriffe und die Planktonverteilung an den Samoanischen Küsten. Kiel und Leipzig: Lipsius u. Tischer. pp. 164—174.

CORNEY, B. G., 1922: Abstract of a paper on the periodicity of the swarming Palolo (Eunice viridis Gr.). J. Torquay Nat. Hist. Soc. **3**.

EHLERS, E., 1898: Über Palolo (Eunice viridis Gr.). Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., 400—415.

FRIEDLÄNDER, B., 1898a: Über den sogenannten Palolowurm. Biol. Cbl. **18**, 10, 337—357.

— 1898b: Notes on the Palolo. J. Polynes. Soc. **7**, 44—46.

1899a: Nochmals der Palolo und die Frage nach unbekannten kosmischen Einflüssen auf physiologische Vorgänge. Biol. Cbl. **19**, 8, 241—269.

— 1899b: Verbesserungen und Zusätze zu meinen Notizen über den Palolo. Ibid. **19**, 16, 553—557.

— 1899c: Besprechung: E. EHLERS, Über Palolo (Eunice viridis Gr., 1898. Ibid. **19**, 8, 269 bis 270.

— 1904: Zur Geschichte der Palolofrage. Zool. Anz. **27**, 716—722.

GRAY, J. E., 1847: An account of Palolo, a sea worm eaten in the Navigator Islands. Proc. Zool. Soc. London **15**, 17—18.

HAFFNER, K. v., 1961: Der Bau und die Verwandtschaftsbeziehungen des Palolowurmes Eunice viridis Gray (Polychaeta, Eunicidae). Int. Revue ges. Hydrobiol. **46**, 2, 184—204.

HEMPELMANN, F., 1949: Rätsel um einen eßbaren Wurm. Orion **4**, 14.

HORST, R., 1904: Wawo and Palolo worms. Nature **69**, 582.

KORRINGA, P., 1947: Relations between the moon and periodicity in the breeding of marine animals. Ecol. Monogr. 17, 347—381.
— 1957: Lunar Periodicity. In: J. W. HEDGPETH (ed.), „Treatise on Marine Ecology and Paleoecology", Geol. Soc. America, Mem. 67, Vol. 1, 917—934.
KRÄMER, A., 1899a: Paloloountersuchungen. Biol. Cbl. 19, 1, 15—30.
— 1899b: Paloloountersuchungen im Oktober und November 1898 in Samoa. Ibid. 19, 7, 237—239.
— 1903: Die Samoa-Inseln. Band II. Ethnographie. Stuttgart: E. Schweizerbart, pp. 399—403.
MACDONALD, J. D., 1858: On the external anatomy and natural history of the genus of Annelida named Palolo by the Samoans and Tonguese and Mbalolo by the Fijian. Trans. Linn. Soc. London 22, pt. III, No. 16, 237—239.
MACINTOSH, W. C., 1905: On the Pacific, Atlantic and Japanese Palolo. Notes from the Gathy Mar. Lab. St. Andrews. — Ann. a. Mag. Nat. Hist. (7) 15.
MCKAY, C. G. R., 1953: The rising of the Palolo. A reliable astronomical formula for predicting the rising of the Palolo. South Pacific Comm. Quart. Bull. 3, 3, 35.
MCNEILL, FR., 1954: „Palolo", food worm of the Pacific. Austr. Mus. Mag. 11, 173—174.
MILLER, C. D., PEN, FL., GATTY, H., 1955—1956: The nutritive value of the Palolo. Proc. Hawaiian Acad. Sc., Thirtyfirst Ann. Meeting 31, 9.
— & PEN, FL., 1959: Composition and nutritive value of Palolo (Palola siciliensis Grube). Pacific Science 13, 191—194.
POWELL, TH., 1882: Remarks on the structure and habits of the coral-reef annelid, Palolo viridis. J. Linn. Soc. Zool. London 16, 393—396.
STAIR, J. B., 1897: Palolo, a sea-worm eaten by the Samoans. J. Polynes. Soc. 6, 141—144.
— 1916: Palolo, a sea worm eaten by Samoans. Paradise of the Pacific 29, 1, 21—22.
WHITMEE, S. J., 1875: On the habits of Palola viridis. Proc. Zool. Soc. London: 496—502.
WOODWORTH, W. MCM., 1903a: Vorlaufiger Bericht über die Untersuchung des gesammelten Materials nebst einer Abbildung des Palolowurmes. In: A. KRAMER, Die Samoa-Inseln, Bd. II. Stuttgart: E. Schweizerbart. pp. 389—403.
— 1903b: Preliminary report on the „Palolo" worm of Samoa. Eunice viridis (Gray). Amer. Nat. 37, 875—881.
— 1907: The palolo worm. Eunice viridis (Gray). Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard 51, 1—21.

Prof. Dr. H. CASPERS
Zoologisches Staatsinstitut
Hamburg 13, Von Melle-Park 10

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	184—204

Konstantin von Haffner

Der Bau und die Verwandtschaftsbeziehungen des Palolowurmes *Eunice viridis* Gray (Polychaeta, Eunicidae)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 184
2. Das atoke Individuum 185
   a) Gesamtbild 185
   b) Kopfende 185
   c) Segmente 187
   d) Kieferapparat 190
   e) Segmentquerschnitte 192
3. Das epitoke Individuum 193
   a) Männliche und weibliche Würmer 193
   b) Die Grenze zwischen atoken und epitoken Segmenten 193
   c) „Bauchaugen" 194
   d) Parapodien 195
   e) Segmentquerschnitte 195
   f) Hinterende 199
   g) Wachstum der epitoken Segmente 199
   h) Entleerung der Geschlechtsprodukte 201
4. Die systematische Stellung des Palolowurmes 201
5. Literatur 204

1. Einleitung

Als Herr Prof. H. Caspers mir vorschlug, sein reiches, 1959 auf Samoa gesammeltes Material an Palolowürmern morphologisch zu bearbeiten, bin ich seinem Wunsche gern gefolgt, da eine neue und anschauliche Beschreibung des interessanten Wurmes erwünscht und notwendig ist.

Unter den bisherigen Bearbeitungen des Körperbaues verdient besondere Beachtung eine recht genaue Beschreibung von Ehlers (1898), der jedoch leider keine Abbildungen beigefügt sind, und eine Arbeit von Woodworth (1907), dessen Abbildungen aber von sehr verschiedenem Wert sind. Während sein Übersichtsbild eines epitoken Individuums (vgl. seine Textfig. 1) den Habitus und die Größenverhältnisse des Wurmes recht gut wiedergibt und deshalb von verschiedenen Autoren zusammenfassender Werke (z. B. Plate 1924, Hempelmann 1928—34, Fauvel 1959) übernommen worden ist, ist eine Reihe anderer Bilder (z. B. Taf. II, Abb. 7, 8, 11, 12, 13) ungenau und auch unrichtig und für eine Beurteilung der systematischen Stellung des Palolowurmes völlig ungeeignet.

Wie Ehlers (1898) klar dargestellt hat, ist innerhalb der Art zwischen atoken und epitoken Individuen zu unterscheiden. Die epitoken Tiere haben eine vordere atoke und hintere epitoke Körperstrecke.

2. Das atoke Individuum

a) Gesamtbild

Es scheint mir am zweckmäßigsten, mit der Beschreibung eines atoken Individuums zu beginnen. Unter dem reichhaltigen, in Alkohol konservierten Material waren 2 vollständige atoke Individuen, daneben mehrere Tiere, die aus 2 Bruchstücken bestanden, deren Zusammengehörigkeit sich aber nachweisen ließ. Einige dieser atoken Individuen waren von Caspers am 8. und 10. Okt. 1959 aus ihren Gängen im Korallenfelsen ausgemeißelt worden, hatten also etwa 14 Tage vor der Schwärmzeit am 24. Okt. noch keinerlei epitokes, die Geschlechtsprodukte beherbergendes Hinterende. Hieraus ist mit ziemlicher Sicherheit der Schluß zu ziehen, daß sich die Würmer fast im ganzen Verlauf eines Jahres im unreifen atoken Zustande befinden und epitoke Körperstrecken erst kurze Zeit vor der Schwärmzeit durch erstaunlich schnell erfolgende Segmentbildung entstehen. Nach der Abtrennung des ganzen epitoken Hinterendes geht das Tier natürlich wieder in den atoken Zustand über.

b) Kopfende

Das Kopfende eines Palolowurmes, das bei atoken und epitoken Individuen übrigens völlig gleich gebaut ist, wird auf der Abb. 1 von der Dorsalseite (a), Ventralseite (b) und in Seitenansicht (c) dargestellt.

Das Prostomium (*p*, Abb. 1a) zeigt einen median gelegenen tiefen Einschnitt, der durch die Ansatzstelle der nicht gelappten kissenförmigen Palpen zustande kommt, die allerdings in ihrer ganzen Ausdehnung nur auf der Ventralseite des Kopfes (*pa*, Abb. 1b) zu erkennen sind. Es sind (Abb. 1a) 5 Antennen vorhanden, paarige vordere mehr lateral gelegene (*va*, Abb. 1a), paarige hintere Antennen (*ha*) und eine unpaare mediane Antenne (*ma*). Von diesen sind die vorderen paarigen Antennen am kürzesten, die hinteren sind länger, und am längsten ist die unpaare mediane Antenne, die sich bis zum 7. oder 8. auf das Prostomium folgenden Segment erstreckt. Alle Antennen haben einen kurzen Keratophor und langen Keratostyl. Ehlers (1898) meint, daß die Keratostyle schwach gegliedert seien, was nur bei starker Vergrößerung zu sehen ist. Diese Beobachtung kann ich nicht bestätigen; bei dem mir vorliegenden Alkohol-Material war auch bei stärkster Vergrößerung eine regelmäßige Gliederung der Keratostyle nicht festzustellen. Lateral und etwas vor den hinteren paarigen Antennen (*ha*) liegt jederseits ein dunkel pigmentiertes Auge (*au*). Auf das Prostomium folgen 2 Buccalsegmente, von denen das vordere (*bu 1*) doppelt so lang ist wie das hintere (*bu 2*), wie schon Ehlers (1898) feststellen konnte. Das vordere Buccalsegment (*bu 1*) hat weder Parapodien noch Tentakelcirren, während das hintere (*bu 2*) mit 2 dorsolateral gelegenen Tentakelcirren (*tc*) ausgestattet ist. Diese sind nach hinten gerichtet und lassen sich bis zum vorderen Teil des zweiten parapodientragenden Segmentes verfolgen. Beide Buccalsegmente sind weniger breit als die folgenden parapodientragenden Segmente und im Querschnitt kreisrund, während schon die ersten Segmente mit Parapodien eine geringe ventrale Abflachung zeigen, die sich nach hinten zu allmählich verstärkt. Von den auf das zweite Buccalsegment (*bu 2*) folgenden rudertragenden Segmenten (1—4) hat das erste eigentümlich abweichend gestaltete Parapodien, worauf an anderer Stelle noch eingegangen werden muß.

Die Färbung der dorsalen Kopfseite ist sehr charakteristisch (Abb. 1a). Das ganze Prostomium (*p*), mit Ausnahme seines hintersten Abschnittes, ist bei den Tieren in Alkohol gelbbraun bis graubraun pigmentiert, wobei weißliche rundliche Tüpfel aus-

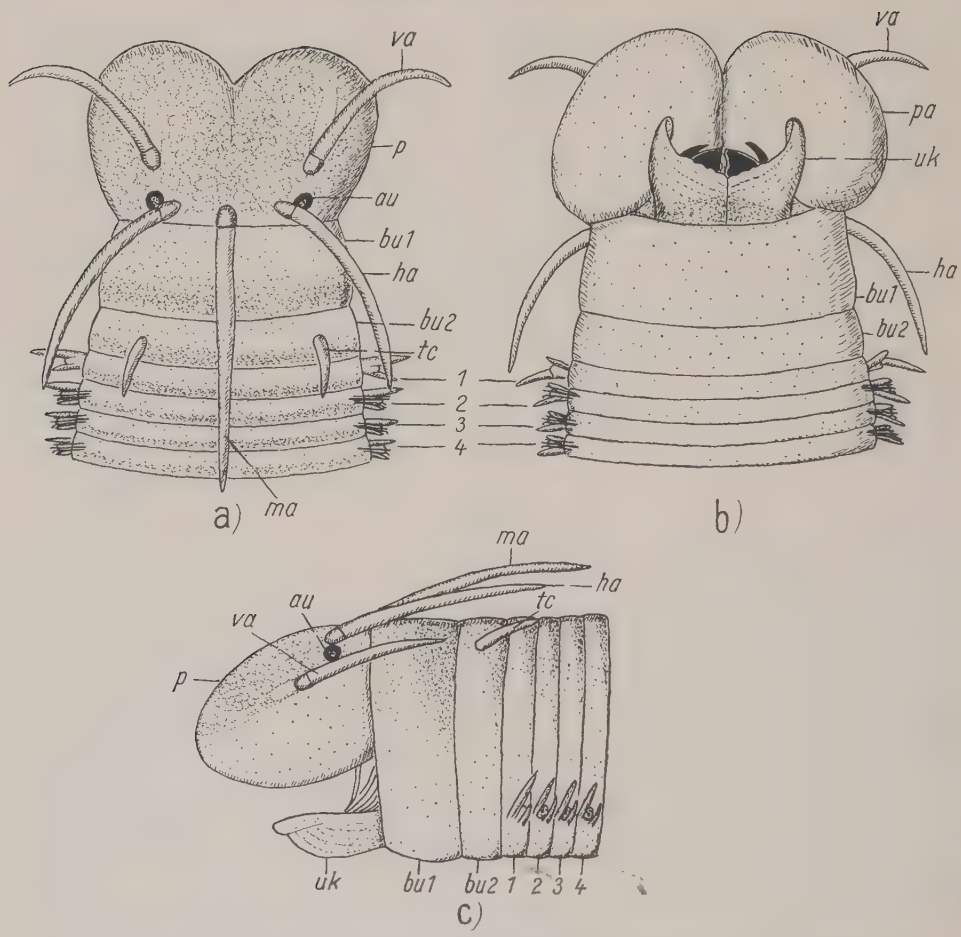


Abb. 1. Kopfende des Palolowurmes. a Dorsalansicht; b Ventralansicht; c Seitenansicht. *p* Prostomium; *va* vordere Antenne; *ha* hintere Antenne; *ma* mediane Antenne; *pa* Palpus; *au* Auge; *bu 1* erstes Buccalsegment; *bu 2* zweites Buccalsegment; *tc* Tentakelcirrus; *uk* Unterkiefer; 1, 2, 3, 4 die auf das zweite Buccalsegment folgenden Segmente.

gespart sind. Nicht pigmentiert sind zwei schmale Regionen, die vor der Ursprungsstelle der vorderen Antennen liegen und gewöhnlich von ihnen überdeckt werden. Ich habe keine Anhaltspunkte dafür gefunden, daß diese hellen Tüpfel Austrittsstellen von Drüsen sein könnten, wie EHLERS (1898) annimmt. Die Buccalsegmente und etwa 13 darauf folgende Segmente sind auf der Dorsalseite dunkler pigmentiert, wie schon WOODWORTH (1907) beobachten konnte, jedoch ist jeweils nur der hintere Abschnitt eines jeden Segmentes deutlich bräunlich.

Von dieser Zeichnung und Färbung ist nichts zu sehen, wenn man das Tier von der Ventralseite betrachtet (Abb. 1b). Das Prostomium, die Buccalsegmente und die rudertragenden Segmente erscheinen hier einheitlich gelblichweiß. Die wulstigen kissenartigen Palpen (*pa*) sind sehr umfangreich. Aus der zwischen Prostomium und

erstem Buccalsegment (*bu 1*) gelegenen Mundöffnung treten meist die beiden Unterkieferhälften (*uk*) hervor, die gemeinsam eine Art Hohlmeißel bilden, deren vordere Abschnitte weißlich-porzellanartig erscheinen. Sie schließen dorsal gelegene Oberkieferstücke ein, die dunkelbraun und chitinös sind und von denen auf der Abb. 1b die distalen Teile der sogenannten Zangen und horizontalen Kieferleisten (= Zähne oder Zahnplatten nach Ehlers) zu sehen sind. Die Längen- und Breitenverhältnisse der Buccalsegmente und der darauf folgenden parapodientragenden Segmente sind annähernd dieselben wie auf der Dorsalseite.

Die Seitenansicht des Kopfendes (Abb. 1c) ergänzt die bisherigen Bilder insofern, als hier zu erkennen ist, wie weit die bräunliche Pigmentierung des Prostomiums (*p*) und der darauf folgenden Segmente sich nach den Seiten zu erstreckt. Das Bild orientiert auch über die Lage der Antennen, des Tentakelcirrus (*tc*), des zweiten Buccalsegmentes (*bu 2*) sowie der Parapodien des 1. bis 4. rudertragenden Segmentes in ihrer ventrolateralen Lage.

c) *Segmente*

Es mögen einige Angaben über die Länge atoker Tiere, die Anzahl und Größe atoker Segmente folgen. Dabei muß bemerkt werden, daß absolute Größenangaben nur einen begrenzten Wert haben, da sie nicht nur von der Alkohol-Konservierung, sondern auch vom jeweiligen Kontraktionszustand der Körpermuskulatur abhängig sind.

Die Länge der 4 konservierten atoken Individuen betrug 10,2, 10,5, 10,5 und 11 cm, was recht gut mit der Angabe von Ehlers (1898) übereinstimmt, der für ein atokes Individuum 10,5 cm angibt. Die Breite atoker Segmente beträgt im Durchschnitt 3,5 mm.

Die Zahl rudertragender atoker Segmente beträgt nach meinen Zählungen an denselben 4 Individuen 278, 296, 315, 339; sie schwankt also um 300.

Charakteristisch für atoke Segmente ist ihre geringe Länge im Verhältnis zu ihrer erheblichen Breite. Das Längen-Breitenverhältnis beträgt bei dem ersten bis zwölften rudertragenden Segment 1:8 bis 1:12, bei der Mehrzahl der darauf folgenden Segmente etwa 1:20. Nur bei den letzten schmäler werdenden Segmenten des Hinterendes verschiebt sich das Verhältnis zugunsten der Länge.

Nun zu den Parapodien, deren Cirren, und der Borstenausstattung, die natürlich systematisch wichtig sind! Jedes Parapod besteht aus einem einästigen Borstenhöcker, einem dorsalen und ventralen Cirrus. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Parapodien des ersten rudertragenden Segmentes (vgl. Abb. 1) eigenartig gestaltet sind. Während der Borstenhöcker hier (*bh*, Abb. 2) relativ unbedeutend ist, erscheint

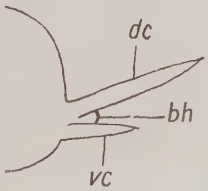


Abb. 2. Parapodium des ersten rudertragenden Segments. *bh* Borstenhöcker; *dc* dorsaler, *vc* ventraler Cirrus.

der dorsale Cirrus (*dc*) länger als bei den folgenden Segmenten, und auch der ventrale Cirrus (*vc*) ist gut ausgebildet. Im Borstenhöcker dieses Segmentes fehlen die Borsten ganz, und die Aciculae (Stützborsten) sind äußerlich auch nicht zu erkennen, können

aber in einigen Fällen im Inneren des Borstenhöckers nachgewiesen werden. Das Fehlen eines vollständigen Borstenapparates und die Länge des dorsalen Cirrus läßt vermuten, daß sich im Parapodium dieses Segementes eine Reduktion anbahnt, wie sie im zweiten Buccalsegment, verbunden mit einem Hinaufrücken eines Cirrus (vgl. Abb. 1a, c), der hier zum Tentakelcirrus wird, in viel stärkerem Maße stattgefunden hat.

Bei allen anderen rudertragenden Segmenten sind die Borstenhöcker außer den Aciculae, die in einfacher oder doppelter Zahl vorhanden sein können, mit einfachen Haarborsten und zusammengesetzten Borsten ausgestattet. Die letzteren sind systematisch wichtig und auf Abb. 3 dargestellt. Auf einen langen Schaft (*sch*), dessen vorderes verbreitertes Ende mit Feilkerben versehen ist, folgt ein abgesetztes Endstück (*est*), das mit einem geriffelten Deckblatt (*dbl*) und zwei Zähnchen (*z*) versehen ist.

Die Parapodien mit ihrer Borstenausstattung, die Cirren und die mit den dorsalen Cirren in Verbindung stehenden Kiemen sind regional verschieden und am besten darzustellen, wenn die Parapodien bestimmter Segmente untersucht und abgebildet werden.

Ein Parapodium des achten rudertragenden Segments ist auf der Abb. 4a dargestellt. Hier sind im Borstenhöcker außer einer kräftigen Stützborste recht zahlreiche (im vorliegenden Fall 7) dorsal von der Acicula gelegene einfache Haarborsten sowie 6 ventral gelegene zusammengesetzte Borsten der geschilderten Art (vgl. Abb. 3) vorhanden. Hinzu kommt ein dorsaler (*dc*) und ein ventraler (*vc*) Cirrus.

In der Richtung von vorn nach hinten wird die Zahl der Borsten des Borstenhöckers reduziert. Im Parapod des 126. Segments (Abb. 4b) sind außer der Stützborste nur 4 dorsale Haarborsten sowie 4 ventrale zusammengesetzte Borsten vorhanden. Zu den dorsalen (*dc*) und ventralen (*vc*) Cirren kommt, beginnend etwa mit dem 120. Segment, eine hier unverzweigte Kieme (*k*) hinzu, die, wie Ehlers (1898) zutreffend beschreibt, von der Basis des dorsalen Cirrus ihren Ursprung nimmt.

Etwa 25 bis 30 Segmente weiter nach hinten wird die Zahl der Borsten noch geringer. Ein Parapodium des 156. Segments (Abb. 4c) zeigt, daß hier nur 3 Haarborsten und 3 zusammengesetzte Borsten vorhanden sind. Der ventrale Cirrus (*vc*) ist kräftiger und sitzt mit breiter Fläche der Bauchseite des Segmentes an, wodurch das Aussehen der Bauchfläche in dieser Region stark beeinflußt wird. Ich konnte mit Sicherheit feststellen, daß die Kiemen (*k*) in dieser Region verzweigt sind und 2 bis höchstens 4 Seitenäste haben. Diese Tatsache ist völlig neu und auch Ehlers entgangen, der behauptet, daß der Palolowurm nur unverzweigte Kiemen hätte.[1])

Die Region der Segmente mit verzweigten Kiemen ist bei verschiedenen atoken Individuen unterschiedlich lang, erstreckt sich aber vielfach bis zum 230. Segment. Dann folgen etwa 30 Segmente, deren Kiemen wieder unverzweigte Schläuche sind, und an den übrigen Segmenten des Körperendes sind keine Kiemen zu finden.

Abb. 4d zeigt ein Parapodium des 300. Segmentes eines Tieres, das im ganzen 315 atoke Segmente hatte. Hier sind 3 Haarborsten und 3 zusammengesetzte Borsten vorhanden, die dorsalen (*dc*) und ventralen (*vc*) Cirren sind kleiner, und die Kiemen fehlen. Übrigens kann die Zahl der Haarborsten und zusammengesetzten Borsten in dieser Region noch geringer sein und sich den Verhältnissen der epitoken Segmente annähern.

[1]) Dasselbe wird von ihm in bezug auf *Eunice siciliensis* Grube behauptet. Aber auch bei dieser Art kommen nach meinen Beobachtungen in einer entsprechenden Körperregion ähnliche Kiemen mit Seitenästen vor.

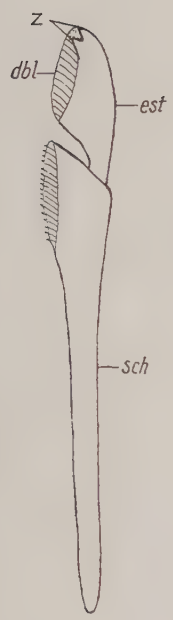


Abb. 3

Zusammengesetze Borste. *sch* Schaft; *est* Endstück; *z* Zähnchen; *dbl* Deckblatt.

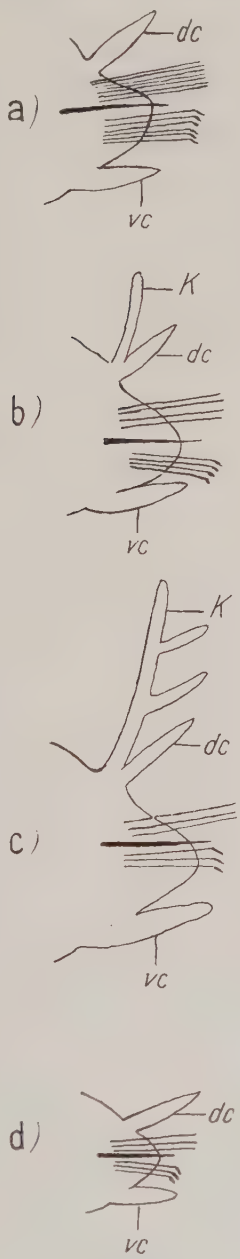


Abb. 4.

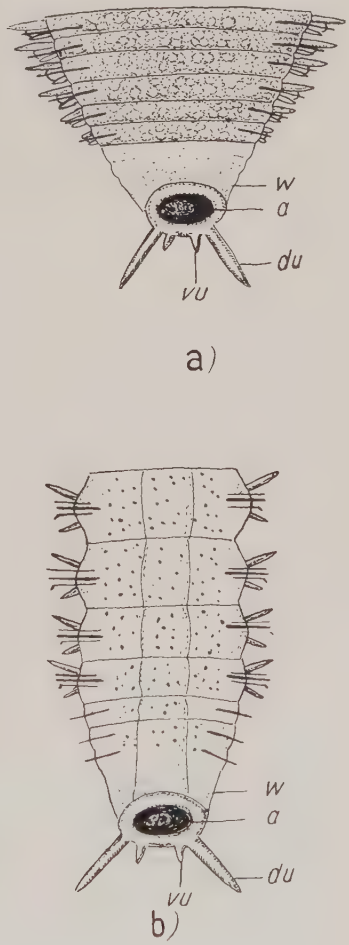


Abb. 5.

Abb. 4. Parapodien, Borsten, Cirren und Kiemen in verschiedenen Körperregionen eines atoken Tieres. a Parapodium des 8., b des 126., c des 156., d des 300. rudertragenden Segmentes. *dc* dorsaler Cirrus; *vc* ventraler Cirrus; *k* Kieme.

Abb. 5. Atokes (a) und epitokes (b) Hinterende eines weiblichen Tieres. *w* Wachstumszone; *du* dorsaler Urit; *vu* ventraler Urit; a After.

Das atoke hintere Körperende beansprucht besonderes Interesse (Abb. 5 a). Die letzten 8 bis 10 rudertragenden Segmente verschmälern sich hier ziemlich plötzlich, so daß sich das für die meisten Körpersegmente charakteristische Längen-Breitenverhältnis von etwa 1:20 nach hinten zu immer mehr zugunsten der Länge verschiebt. Die mit Parapodien versehenen, deutlich gegeneinander abgegrenzten Segmente sind auf der Dorsalseite bräunlich, weiß getüpfelt, haben also eine ähnliche Zeichnung und Färbung wie das Prostomium (vgl. Abb. 1a) auf seiner Dorsalfläche. Die Ventralseite des atoken Hinterendes ist gelblichweiß und zeigt keine besondere Zeichnung. Auf das letzte rudertragende Segment folgt eine durchsichtige Zone und darauf eine undurchsichtige weißliche Knospungs- oder Wachstumszone (*w*), von der die Bildung neuer Segmente ausgeht. Das Pygidium ist mit längeren dorsalen (*du*) und kurzen ventralen (*vu*) Uriten (= Aftercirren) versehen. Der After (*a*) ist nach der Dorsalseite gerichtet.

d) Der Kieferapparat

Für die Beurteilung der Verwandtschaftsbeziehungen des Palolowurmes ist zweifellos der Kieferapparat von besonderer Bedeutung. In dieser Hinsicht befriedigen weder die Beschreibung von EHLERS (1898) noch die Abbildungen von WOODWORTH (1907) auf seiner Tafel II (Abb. 11 u. 12), die ungenau sind. Aus diesem Grunde wurde der Kieferapparat mehrerer Tiere von mir mit Sorgfalt untersucht.

Auf der Abb. 6 sind die Kieferstücke des Oberkieferapparates von der Dorsalseite, zum Teil auseinandergelegt, dargestellt. Dorsal liegen die stark chitinisierten und daher dunkelbraunen Zangen (*M I*), die mit breiter Fläche an die Träger (*tr*) angrenzen, die weniger stark chitinisiert sind und heller erscheinen. Das zugespitzte Endstück der nur schwach gekrümmten Zangen ist länger als sein basaler Teil. Unter den Zangen liegen die Kieferstücke, die von EHLERS als „Zähne" oder „Zahnplatten", von mir aber als „horizontale Kieferleisten" (1959) bezeichnet wurden. Sie (*M II*) sind stark chitinisiert und haben auf ihrer median gerichteten Seite zwei deutliche stark abgerundete Zähne, zu denen jeweils noch ein weiterer flacher zahnartiger Vorsprung hinzukommt. Es ist wohl berechtigt, diese Vorsprünge auch als Zähne zu bezeichnen; nach dieser Auffassung hätte also jede horizontale Kieferleiste (*M II*) drei Zähne. Die Kanten der Kieferleisten, besonders der inneren, sind weiß und bestehen aus einer harten porzellanartigen Masse. Die weiteren kleineren Kieferstücke bilden eine Art Halbkreis um die Vorderfläche der horizontalen paarigen Kieferleisten, liegen aber zum Teil auch unter ihrem vorderen Abschnitt. Sie müssen freipräpariert werden und sind auf Abb. 6 einzelnen dargestellt.

Unter dem vordersten Zahn der linken horizontalen Kieferleiste liegt ein kleines stark chitinisiertes Stück (*M III*), an dessen Innenkante bei starker Vergrößerung 2 kleine Zähnchen zu erkennen sind. Ich halte dieses Stück für ein Homologon der sog. „unpaaren horizontalen Kieferleiste", die ich bei *Hyalinoecia* beschrieben habe und die auch bei der Gattung *Eunice* in stärkerer oder schwächerer Ausbildung zu finden ist. Auf der rechten Körperseite entspricht diesem Stück eine sehr kleine schwach chitinisierte Spange (*M III r*).

Auf diese Stücke folgen 2 vertikal gerichtete stark chitinisierte Kieferleisten mit jeweils 3 Zähnchen an ihrer vorderen und medianwärts gerichteten Kante (*M IV*). Diese Stücke bezeichne ich hier, wie bei *Hyalinoecia*, als „vertikale Kieferleisten".

Es kommen nun noch jederseits zwei kleine, schwach chitinisierte Platten hinzu, von denen eine fast quadratisch (*M V*), die andere dreieckig (*M VI*) ist. Sie entsprechen den sogenannten „Reibplatten" von EHLERS (1864—68).

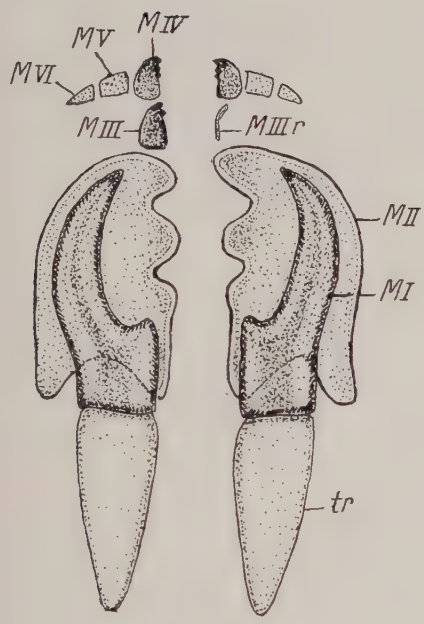


Abb. 6.

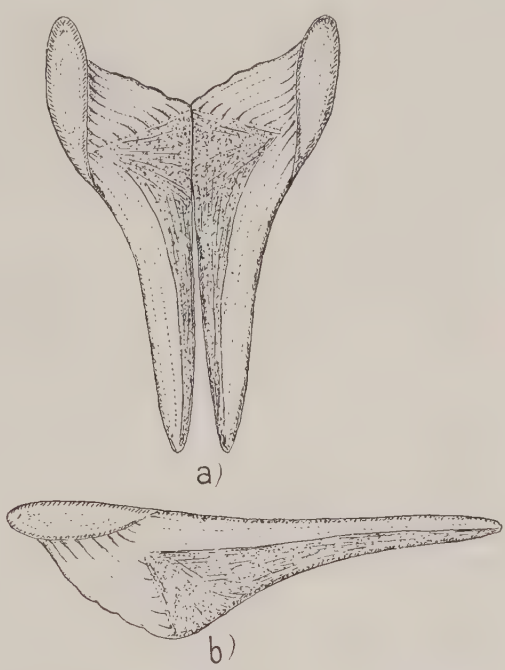


Abb. 7.

Abb. 6. Oberkieferapparat von der Dorsalseite, Kieferstücke teilweise auseinandergelegt. *tr* Träger; *M I* Zangen; *M II* horizontale Kieferleisten; *M III*; *M IIIr*, *M IV*, *M V*, *M VI* weitere kleinere Kieferstücke (Erklärung im Text).

Abb. 7. Beide Unterkiefer von der Dorsalseite (a) und innere Fläche des rechten Unterkiefers (b).

Fauvel (1923) benutzt für die Charakterisierung der Stücke des Oberkieferapparates der Euniciden, zu denen der Palolowurm unzweifelhaft gehört, die Bezeichnungen *M I*, *M II* usw., wie es auch hier geschieht, und fügt diesen Bezeichnungen arabische Ziffern hinzu, die aber zum Teil die Anzahl der Kieferstücke selbst, zum Teil die Anzahl der Zähnchen auf diesen Kieferstücken angeben. Da das zu Mißverständnissen führen kann, werde ich bei meinen Angaben, die sich auf den Palolowurm beziehen, die Zahl der Kieferstücke mit arabischen Ziffern versehen, die Anzahl der Zähnchen dieser Kieferstücke aber daneben in Klammern setzen.

Dann ergibt sich für den Oberkieferapparat des Palolowurmes folgende Formel:

M I (Zangen) = 1 + 1; *M II* = 1 (3) + 1 (3); *M III* = 1 (2) + 1; *M IV* = 1 (3) + 1 (3); *M V* = 1 + 1; *M VI* = 1 + 1.

Die Unterkiefer (Abb. 7) sind vorn breit und gehen hinten in einen spitz zulaufenden Schaft über. Sie bilden gemeinsam eine Art Hohlmeißel (Abb. 7a). Ihre lateralen oberen Ränder sind dorsalwärts stark aufgekrümmt und keilförmig verdickt, ihre nach vorn gerichtete Fläche leicht eingekerbt. Die Unterkiefer sind vorn durch ein Ligament miteinander verbunden. Sie bestehen zum großen Teil aus einer sehr harten weißen porzellanartigen Masse, die in parallelen Schichten abgelagert wird und sich

in verdünnter Salzsäure auflöst; daneben aber auch aus brauner chitinöser Substanz, die in dem der Medianebene zugekehrten Teil der Unterkiefer stark vertreten ist. Auch auf der Abb. 7b, die die innere Fläche des rechten Unterkiefers darstellt, ist die dunklere chitinöse Substanz in ihrer Ausdehnung zu erkennen. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß die weit vorstreckbaren kräftigen Unterkiefer als Meißel (vgl. Abb. 1, *uk*) eine Hauptrolle bei dem Anfertigen von Gängen im Korallenfelsen spielen und daß die Kombination von sehr harter und elastischer chitinöser Substanz die Unterkiefer als meißelähnliche Instrumente besonders geeignet macht. Die erwähnten keulenartigen Verdickungen spielen sicher auch eine wichtige mechanische Rolle.

e) Segmentquerschnitte

Der innere Bau eines atoken Segmentes läßt sich gut an Hand eines Querschnittes (Abb. 8) durch eines der hinteren Segmente erläutern. Da mir nur Alkohol-Material zur Verfügung stand, möchte ich von der Schilderung histologischer Einzelheiten absehen. Die Lagebezichungen der Organe und die Mächtigkeit einzelner Schichten läßt sich aber bei der Untersuchung von Querschnitten feststellen. Im übrigen unterscheidet sich ein atokes Segment des Palolowurmes, wie mir scheint, im Bau kaum von atoken Segmenten anderer *Eunice*-Arten.

Ein Querschnitt eines hinteren atoken Segments (Abb. 8) ist dorsal gewölbt, ventral abgeflacht und zeigt in der Mitte der Bauchfläche eine median verlaufende Furche. Die Epidermis (*ep*) ist flach und von einer dünnen Cuticula bedeckt. Es folgt eine schwach ausgebildete Ringmuskelschicht und eine in 4 mächtigen Strängen angeordnete Längsmuskulatur (*lm*). Diese Stränge sind nach der Leibeshöhle zu von einem sehr flachen Peritonealepithel mit weit voneinander entfernten Kernen ausgekleidet. Der Darm (*d*) hat einen ganz erheblichen Durchmesser und ein hohes zylin-

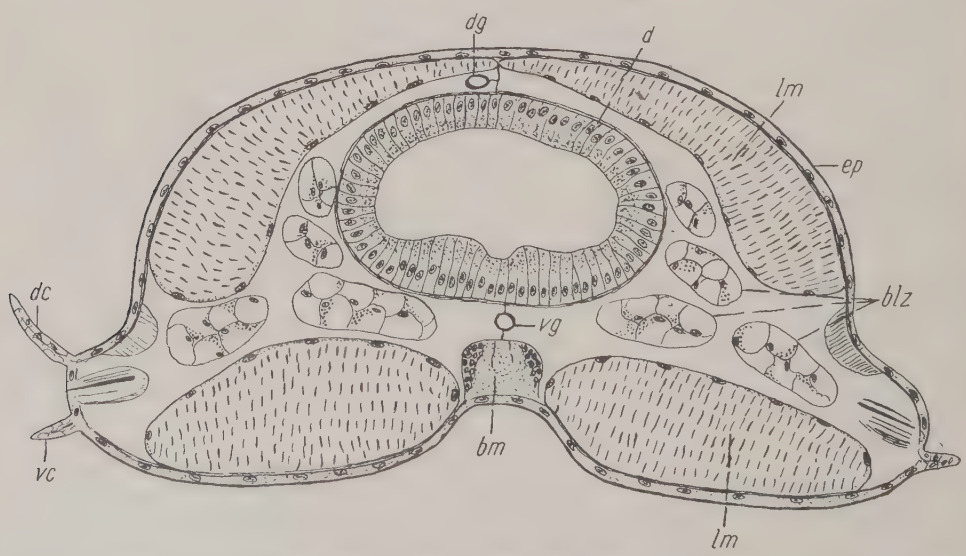


Abb. 8. Querschnitt durch eines der hinteren atoken Segmente. *ep* Epidermis; *lm* Längsmuskulatur; *d* Darm; *dg* dorsales Gefäß; *vg* ventrales Gefäß; *bm* Bauchmark; *blz* Lappen aus blasigen Zellen bestehend; *dc* dorsaler; *vc* ventraler Cirrus.

drisches Darmepithel, das in seinem dem Lumen zugekehrten Teil zahlreiche Einschlüsse enthält. Mesenterien verbinden einerseits den Darm mit der dorsalen Körperwand, andererseits mit dem Bauchmark (*bm*). Ich finde nur ein Rückengefäß (*dg*), das mit dem dorsalen Mesenterium in Verbindung steht und auf der linken Seite des Körpers liegt, was eigentümlich ist, da die Euniciden nach Ehlers (1864—68, 1898) zwei Dorsalgefäße haben, von denen hier das rechte augenscheinlich zurückgebildet ist. Ferner ist ein Bauchgefäß (*vg*) vorhanden, das im ventralen Mesenterium liegt. Das Bauchmark (*bm*) zeigt keine Besonderheiten. In der Leibeshöhle liegen umfangreiche Lappen großer blasiger Zellen, die teils Eiweißkörner, teils auch große Vakuolen enthalten. Ich vermute, daß in diesen Lappen Reservestoffe enthalten sein könnten, die während der kurzen Zeit, in der zahlreiche epitoke Segmente gebildet werden, aufgebraucht werden.

Charakteristisch für die atoken Segmente sind demnach:

1. die Mächtigkeit der Längsmuskulatur,
2. der umfangreiche Darm,
3. das sehr dünne Peritoneum,
4. die umfangreichen Lappen in der Leibeshöhle mit Reservestoffen.

3. Das epitoke Individuum

a) Männliche und weibliche Würmer

Bei den epitoken Individuen kommt bekanntlich zu dem atoken vorderen Körperteil eine vielfach längere hintere epitoke Körperstrecke hinzu, die sich aus andersartigen Segmenten zusammensetzt. Die Angaben verschiedener Autoren weichen in bezug auf die Länge der epitoken Strecke ziemlich weit voneinander ab, Woodworth (1907) dürfte nach meinen Beobachtungen aber recht haben, wenn er angibt, daß die epitoke Strecke dreimal so lang ist wie die atoke. Da die atoke Strecke bis 11 cm lang ist, kann das epitoke Hinterende eine Länge von 30 cm und darüber haben.

Es muß betont werden, daß die Palolowürmer getrenntgeschlechtlich sind, daß daher die epitoke Strecke eines Individuums entweder nur aus Segmenten mit männlichen oder nur aus Segmenten mit weiblichen Geschlechtsorganen und Geschlechtsprodukten besteht. Es muß also zwischen epitoken Individuen mit männlichen epitoken Segmenten und epitoken Individuen mit weiblichen epitoken Segmenten unterschieden werden. Die männlichen und weiblichen epitoken Segemente unterscheiden sich nicht nur in bezug auf ihre Farbe und die Geschlechtsorgane, sondern auch in ihrem sonstigen Bau, was bisher kaum bekannt war, aber durch die folgenden Ausführungen klargestellt werden wird.

b) Die Grenze zwischen atoken und epitoken Segmenten

Zunächst soll aber noch darauf hingewiesen werden, daß der äußere Unterschied zwischen atoken und epitoken Segmenten am eindrucksvollsten an der Grenze zwischen atokem und epitokem Körperabschnitt in Erscheinung tritt. Auf der Abb. 9 ist ein solches Zwischenstück eines epitoken Individuums mit männlichen epitoken Segmenten von der Dorsalseite (Abb. 9a) und Ventralseite (Abb. 9b) dargestellt. An die atoken (*at*) Segmente schließen sich völlig abrupt und ohne jeden Übergang die epitoken (*epit*) Segmente an. Es ist völlig klar, daß die vorderen auf der Dorsalseite braungetüpfelten sehr kurzen und breiten Segmente (*at*) nichts anderes als die letzten

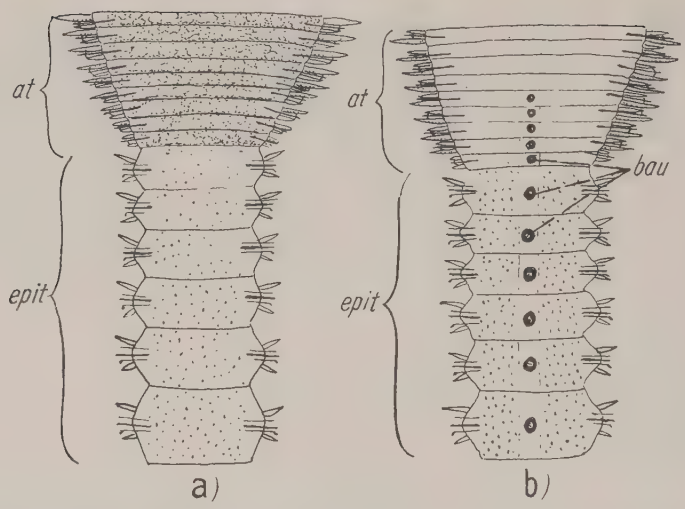


Abb. 9. Aneinandergrenzende atoke und epitoke Segmente eines männlichen epitoken Tieres von der Dorsalseite (a) und Ventralseite (b). *at* atoker, *epit* epitoker Abschnitt; *bau* Bauchauge.

vor dem Pygidium und der Wachstumszone gelegenen atoken Segmente (vgl. Abb. 5a) sind. An das letzte dieser Segmente schließen sich die viel längeren und schmäleren epitoken Segmente ohne Übergang an. Diese Segmente sind in der Mitte angeschwollen und an den Segmentgrenzen eingeschnürt. Sie sind dicht an der Übergangsstelle noch relativ kurz, werden aber bald länger, so daß das Längen-Breitenverhältnis in den meisten epitoken Segmenten 1:1 bis zu 2:1 beträgt. Die epitoken Segmente erscheinen auf der Dorsal- und Ventralseite bräunlich mit großen schwarzen Punkten. Die bräunliche Farbe dürfte ihren Sitz in der Cuticula haben; die schwarze Fleckung beruht, wie ich mit Sicherheit sagen kann, auf der Anwesenheit schwarzer Pigmentzellen im Peritoneum.

c) „*Bauchaugen*"

Ein anderes Bild ergibt die Ventralseite des Zwischenstückes (Abb. 9b). Hier sind die kurzen und breiten atoken (*at*) Segmente gelblichweiß; die epitoken (*epit*) sind ebenso gefärbt wie auf der Dorsalseite. In der Mitte eines jeden Segmentes befindet sich ein großer schwarzer, in der Mitte heller. Fleck. Es sind das die sogenannten „Bauchaugen" (*bau*), von denen wir nach den vorzüglichen anatomischen Untersuchungen von Schröder (1905) mit Sicherheit sagen können, daß es sich um mit dem Bauchmark direkt in Verbindung stehende Sinnesorgane handelt. Hesse (1899) erklärt sie zwar für „zweifellose Augen" (S. 146), aber die cuticulare Verdickung über dem von Pigmentzellen eingeschlossenen Sinnesorgan ist wohl kaum als echte Linse zu deuten. Die Beobachtung Schröders, daß es sich um eine „an beiden Flächen ebene Verdickung der Cuticula" handelt, „die mit gewölbten Rändern in die übrige Cuticula übergeht", kann ich bestätigen. So bleibt die Funktion dieser Sinnesorgane, die nur experimentell geklärt werden kann, völlig unsicher. Da die verdickte Cuticula über dem Sinnesorgan durchsichtig ist, kann aber auch eine Reaktion auf Lichtreize nicht ausgeschlossen werden.

Außerordentlich merkwürdig ist es nun, daß die letzten atoken Segmente des Zwischenstückes (Abb. 9b) auch Bauchaugen haben können, die sonst bei atoken Individuen ganz fehlen. Sie sind allerdings kleiner und heller. Das ist schon von Ehlers (1898) gesehen worden, der am letzten atoken Segment ein Bauchauge fand, und von Friedländer (1899), der angibt, daß bis zum 4. und 5. atoken Segment von hinten Bauchaugen auftreten können. Ich habe in 2 Fällen 5 Bauchaugen, in einem Fall sogar 14 solcher Bauchaugen gefunden. Diese merkwürdige Tatsache ist wohl nur so zu erklären, daß von den epitoken Segmenten nach ihrer Bildung eine Induktion ausgeht, die zu einer Umgestaltung der letzten atoken Segmente und zur Bildung von Bauchaugen führt.

Es ist sehr beachtenswert, daß diese Umgestaltungen der hintersten atoken Segmente aber auch die einzigen Veränderungen sind, die den vorderen atoken Abschnitt betreffen. Veränderungen am Kopfende eines epitoken Individuums habe ich nicht feststellen können. Die Verhältnisse liegen eben ganz anders als bei den epitoken Tieren von *Nereis* (*Heteronereis*), bei denen bekanntlich Umgestaltungen und Vergrößerungen der Augen und Antennen des Prostomiums statthaben.

d) Parapodien

Die Parapodien der epitoken Segmente unterscheiden sich von denen der hintersten atoken durch eine schwächere Ausstattung mit Borsten. Außer einer, mitunter auch 2, Stützborsten sind entweder 2 Haarborsten und 2 zusammengesetzte Borsten vorhanden (Abb. 10a) oder es ist nur eine Haarborste und eine zusammengesetzte Borste (Abb. 10b) zu finden. Die dorsalen und ventralen Cirren sind relativ kleiner als die der letzten atoken Segmente.

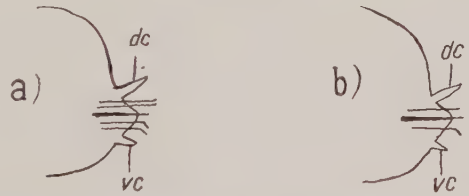


Abb. 10. Parapodien epitoker Segmente mit 2 Haarborsten und 2 zusammengesetzten Borsten (a) oder mit einer Haarborste und einer zusammengesetzten Borste (b). *dc* dorsaler, *vc* ventraler Cirrus.

e) Segmentquerschnitte

Vor einer Beschreibung des inneren Baues epitoker Segmente sei betont, daß das vorliegende Alkohol-Material durchaus eine Orientierung über die Lage und Mächtigkeit der Organe und Körperschichten erlaubt. Auf eine Schilderung histologischer Einzelheiten muß aber verzichtet werden, da die Voraussetzung hierfür fehlt.

Abb. 11a zeigt einen Querschnitt durch ein männliches epitokes Segment. Dorsomedian ist das Segment eingeschnürt, ventral ist eine tiefe Furche zu erkennen. Unter der flachen Epidermis (*ep*) mit einer sehr dünnen Cuticula liegt eine auch bei stärkster Vergrößerung kaum sichtbare Ringmuskulatur und darunter eine gleichfalls sehr schwach ausgebildete Längsmuskulatur (*lm*) in 4 Strängen. Wie schwach die Muskulatur epitoker Segmente entwickelt ist, zeigt eindrucksvoll ein Vergleich mit

der Muskulatur eines atoken Segmentes (vgl. Abb. 8, *lm*). Auf die Längsmuskulatur folgt nach innen eine zarte Schicht mit sehr wenig Kernen, die ich für das Peritoneum (*per*) halte, und dann eine geschlossene Lage großer Pigmentzellen (*pz*), die den männlichen Segmenten zum Teil ihre Farbe verleihen. Es ist schwer zu entscheiden, ob diese Pigmentzellen aus dem Peritoneum hervorgehen oder ob die Pigmentzellen dem Peritoneum angelagert werden. Letzteres ist wahrscheinlicher.

Die Reihenfolge und Mächtigkeit dieser Schichten ist für die männlichen epitoken Segmente charakteristisch. Deshalb sind sie auf Abb. 11b stark vergrößert dargestellt. Es folgen also aufeinander das Körperepithel (*ep*), eine Ringmuskulatur (*rm*), Längsmuskulatur (*lm*), Peritoneum (*per*) und Pigmentzellschicht (*pz*).

Der Darm (*d*, Abb. 11a) hat einen, auch relativ zu dem Umfang des Segmentes, viel geringeren Durchmesser als in den atoken Segmenten (vgl. Abb. 8) und ein viel niedrigeres Darmepithel. Die Hauptgefäße (*dg*, *vg*) und Mesenterien sind ebenso wie in den atoken Segmenten gelagert, nur fällt auf, daß der Darm (*d*) mit dem Bauchmark (*bm*) durch bilateral neben dem ventralen Mesenterium gelegene Muskelstränge verbunden ist, die durch Kontraktion die beiden Organe einander annähern können.

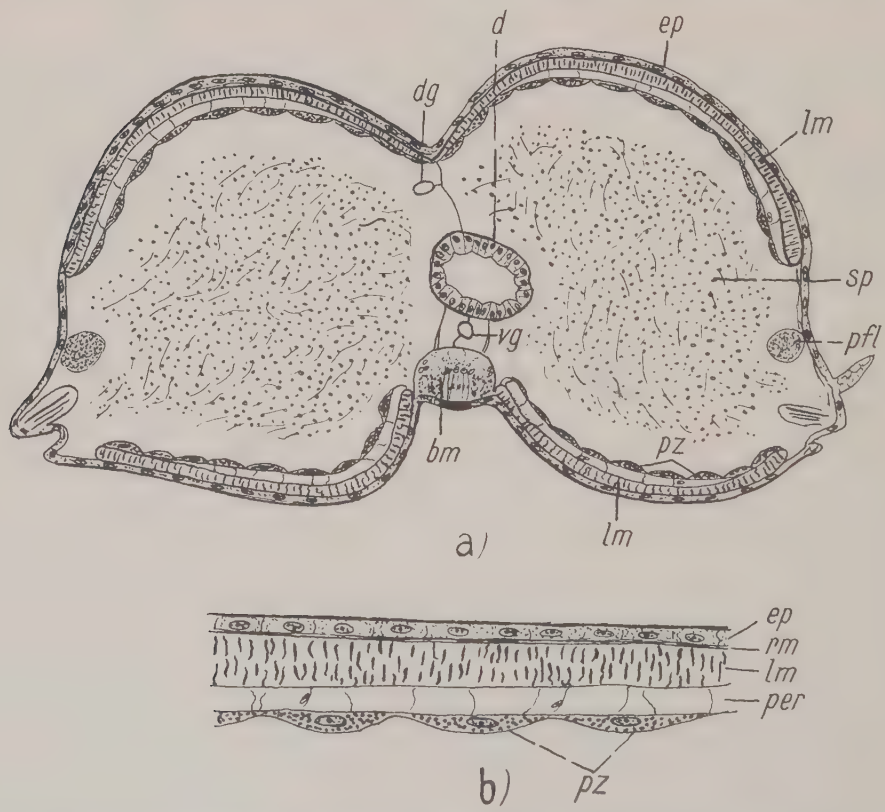


Abb. 11. Querschnitt durch ein männliches epitokes Segment (a) und Schnitt durch dessen Hautmuskelschlauch (b). *ep* Epidermis; *rm* Ringmuskulatur; *lm* Längsmuskulatur; *per* Peritoneum; *pz* Pigmentzellen; *pfl* Pigmentfleck; *d* Darm; *dg* dorsales, *vg* ventrales Gefäß, *bm* Bauchmark; *sp* Spermatozoen in der Leibeshöhle.

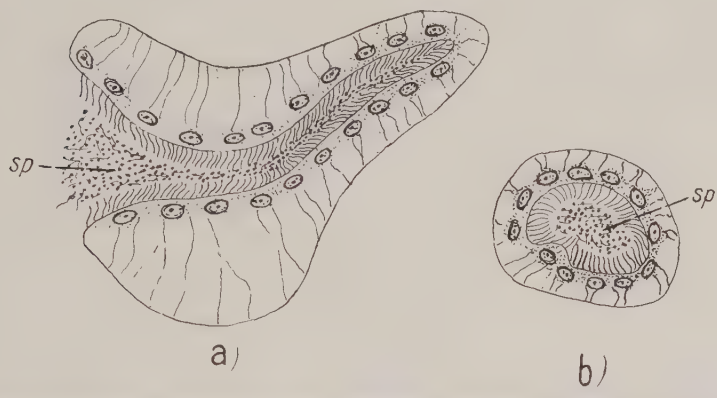


Abb. 12. Segmentalorgan eines männlichen epitoken Segments, Längs- (a) und Querschnitt (b). *sp* Spermamassen im Lumen.

Es ist noch zu erwähnen, daß auf Querschnitten, die durch die Mitte eines Segmentes hindurchführen, die „Bauchaugen" getroffen werden, die in engster Verbindung mit dem Bauchmark stehen, und daß benachbarte männliche epitoke Segmente durch Dissepimente getrennt sind, durch die die betreffenden Coelomabschnitte vollkommen voneinander isoliert werden. Ferner fallen in diesen Segmenten größere mehrzellige Pigmentflecke (*pfl*) auf, die dorsal von den Parapodien liegen. Die Leibeshöhle ist ganz von Spermamassen (*sp*) erfüllt, aber nicht nur die Leibeshöhle, sondern auch das Lumen der Segmentalorgane. Auf der Abb. 12 ist ein Längs- (a) und ein Querschnitt (b) durch Abschnitte eines Segmentalorganes dargestellt, und es fällt auf, daß im Lumen dieser mit starker Wimperung versehenen Gänge überall Spermatozoen angehäuft sind. Auf diese Tatsache wird noch zurückzukommen sein.

Zwischen den männlichen und weiblichen epitoken Segmenten bestehen nun manche Übereinstimmungen, jedoch auch Unterschiede, die sich nicht nur auf die Geschlechtsorgane beziehen. Die weiblichen Segmente haben die bekannte blaugrüne Farbe. Nach meinen Befunden beruht diese nur auf der Anwesenheit eines blaugrünen Farbstoffes in den großen ovalen Dotterschollen der Eier. Bei dem in Alkohol aufbewahrten Material wird ein Teil dieser Farbe ausgezogen, dringt in die Körperwände ein und läßt diese auch grünlich erscheinen. Diese Farbe läßt sich aber durch Übertragung in frischen Alkohol restlos entfernen, so daß gesagt werden kann, daß die Körperwände weiblicher epitoker Segmente farblos sind.

Für die Untersuchung weiblicher epitoker Segmente eignen sich solche am besten, die nicht prall mit Eiern gefüllt sind, sondern nur wenige enthalten.

Wie der Querschnitt (Abb. 13a) zeigt, ist seine Form ungefähr dieselbe wie die der männlichen Segmente (vgl. Abb. 11). Der Darm (*d*), die Blutgefäße (*dg*, *vg*) und das Bauchmark sind ebenso ausgebildet wie in den männlichen Segmenten. Die Schichten des Hautmuskelschlauches weisen aber bedeutende Unterschiede auf. Auf das Körperepithel (*ep*) folgt zwar auch hier eine sehr schwach ausgebildete Ringmuskulatur und Längsmuskulatur in 4 Strängen, darauf folgt aber eine unvergleichlich viel mächtigere peritoneale Schicht (*per*), die in mächtigen Kissen in die Leibeshöhle vorspringt. Die wenigen Kerne dieser wahrscheinlich stark wasserhaltigen Schicht sind der Leibeshöhle zugekehrt. Ganz neu, aber völlig gesichert, ist die Tatsache, daß die Schicht

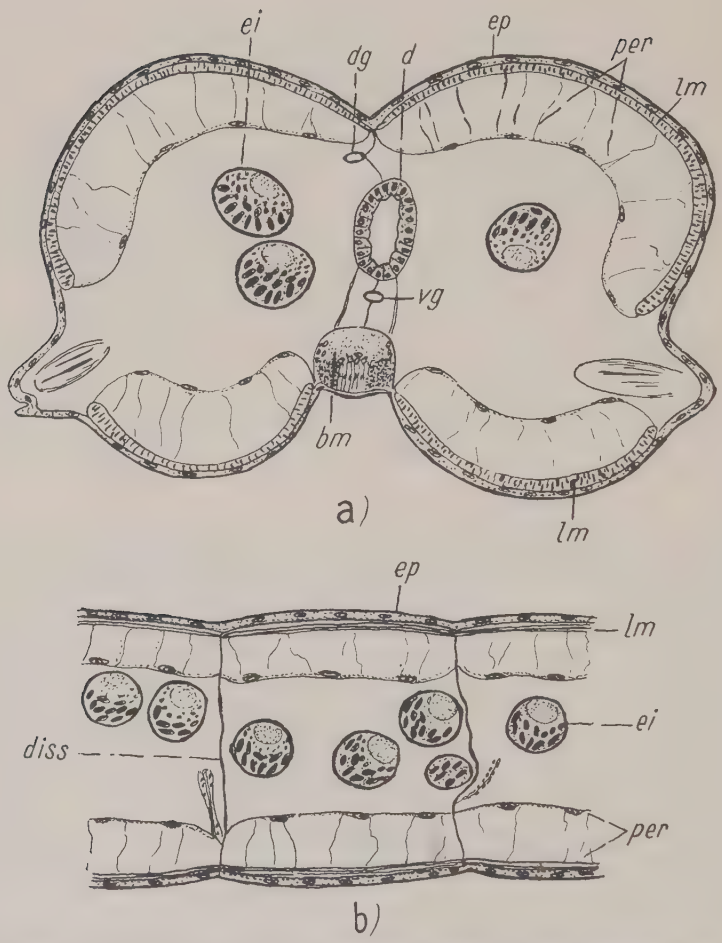


Abb. 13. Querschnitt durch ein weibliches epitokes Segment (a) und Längsschnitt (b) mit Teilen benachbarter Segmente. *ep* Epidermis; *lm* Längsmuskulatur; *per* Peritoneum; *d* Darm; *dg* dorsales, *vg* ventrales Gefäß; *bm* Bauchmark; *diss* Dissepiment; *ei* Ei.

großer Pigmentzellen, die in allen männlichen Segmenten (vgl. Abb. 11) vorhanden ist, in allen weiblichen Segmenten, die reife Eier enthalten, vollkommen fehlt! Da die unreifen weiblichen Segmente am epitoken Hinterende aber Pigmentzellen haben, die sich dem Peritoneum anlagern, die reifen Segmente mit Eiern jedoch keine Pigmentzellen besitzen, ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß die in den Pigmentzellen abgelagerten Stoffe irgendwie bei der Eibildung Verwendung finden und verbraucht werden.

Die Eier (*ei*) liegen in der Leibeshöhle, haben einen Durchmesser von 14 mm oder etwas darüber, und sind von einer ziemlich dicken glatten Eihülle umgeben. Sie enthalten u. a. sehr charakteristische länglich-ovale Dotterschollen, die wie schon erwähnt, besonders dunkel-blaugrün sind, daneben sind aber auch kleinere rundliche

Dotterkörner zu erkennen. Segmentalorgane habe ich in den weiblichen Segmenten zwar gesehen, sie scheinen aber schwächer ausgebildet zu sein als in den männlichen.

Der auf Abb. 13b dargestellte Sagittalschnitt zeigt, außer der schon beschriebenen Struktur der Körperwand, daß benachbarte weibliche Segmente durch Dissepimente (*diss*), die nirgends durch Öffnungen unterbrochen sind, völlig voneinander getrennt sind. Die Eier eines Segmentes können also nur aus demselben Segment entleert werden und nicht in Nachbarsegmente gelangen. Diese Tatsache ist wichtig im Hinblick auf die Entleerung der Eier, auf die an anderer Stelle noch zurückzukommen sein wird.

Charakteristisch für die epitoken Segmente im allgemeinen ist demnach:

1. die geringe Ausbildung der Längsmuskulatur,
2. der viel schwächer ausgebildete Darm.

Die reifen männlichen und weiblichen epitoken Segmente unterscheiden sich, außer der Verschiedenartigkeit der Geschlechtsorgane und -produkte sowie der Färbung, durch folgende Merkmale:

a) Männliche epitoke Segmente:
   1. geringe Ausbildung der peritonealen Schicht,
   2. geschlossene Schicht von Pigmentzellen, dem Peritoneum angelagert.

b) Weibliche epitoke Segmente:
   1. mächtige peritoneale Schicht,
   2. vollkommenes Fehlen der Pigmentzellschicht.

f) Hinterende

Es ist nun noch die Frage zu klären, wie das epitoke Hinterende gestaltet ist. Auf der Abb. 5b ist ein solches epitokes Hinterende eines weiblichen Tieres abgebildet, das sich in dieser hintersten Körperregion übrigens nicht von dem eines männlichen Tieres unterscheidet. Am äußersten Hinterende liegt das Pygidium mit den langen dorsalen (*du*) und kurzen ventralen (*vu*) Uriten, davor eine Wachstumszone. Wie man sieht, unterscheidet sich das Pygidium in keiner Weise von dem eines atoken Tieres. Die von der Wachstumszone aus gebildeten Segmente unterscheiden sich aber ganz wesentlich von atoken Segmenten, indem sie erheblich länger und schmäler sind und überhaupt alle geschilderten Eigentümlichkeiten epitoker Segmente zeigen. Die epitoken Hinterenden sind ziemlich durchsichtig; häufig sieht man den schmalen Darm durchschimmern. Die dem Peritoneum anliegenden Pigmentzellen geben dem Hinterende das eigenartig gefleckte Aussehen. Diese großen Zellen bleiben im männlichen epitoken Körperteil erhalten, im weiblichen verschwinden sie ganz, wenn reife Eizellen gebildet werden. Die Unterschiede zwischen atoken (Abb. 5a) und epitoken (Abb. 5b) Hinterenden sind stets so groß, daß man die Segmente auf den ersten Blick unterscheiden kann.

g) Wachstum der epitoken Segmente

Die Anschauung, daß bei Polychaeten eine Umgestaltung atoker in epitoke Segmente stattfindet, ist weit verbreitet und sicher in vielen Fällen berechtigt. Diese Auffassung wird auch in der sehr verdienstvollen Arbeit von Fage und Legendre (1927) vertreten. Für den speziellen Fall des Palolowurmes muß ich aber diese Ansicht aus verschiedenen Gründen ablehnen. Daß die atoken und epitoken Segmente

sehr verschieden sind, kann zwar nicht bestritten werden. Daß die einen aus den anderen durch weitgehenden Umbau hervorgehen, ist aber nur eine Vermutung und läßt sich beim Palolowurm nicht beweisen. Bemerkenswert ist übrigens folgender Ausspruch von EHLERS (1898): „Ob die Epitokie bis zur Vollreife an allen von ihr ergriffenen Segmenten gleichzeitig auftritt oder sich der Länge nach allmählich entwickelt und ausbreitet, bleibt zur Zeit noch unentschieden" (S. 409). Interessant ist, daß EHLERS hier verschiedene Möglichkeiten ins Auge faßt, darunter auch die Möglichkeit eines allmählichen Entwicklungsvorganges.

Die Umgestaltung atoker in epitoke Segmente beim Palolowurm halte ich deshalb für ausgeschlossen, weil man in diesem Falle Segmente finden müßte, die mitten in der Umbildung begriffen sind. Es müßten z. B. Segmente gefunden werden, in denen die mächtigen Längsmuskelstränge atoker Segmente (vgl. Abb. 8) in die sehr schwache Längsmuskulatur epitoker Segmente (vgl. Abb. 11 und 13) umgebaut werden. Doch dafür sind nicht die geringsten Anzeichen vorhanden.

Die Verhältnisse liegen beim Palolowurm ganz anders und viel einfacher. Bei dem atoken Tier können neue Segmente in der Wachstumszone vor dem Pygidium (Abb. 5a) gebildet werden, wie das bei allen Polychaeten durch Abschnürung von Segmenten in ähnlicher Weise erfolgt. Diese Segmente haben dann von vornherein alle Eigenschaften atoker Segmente: sie sind kurz und breit, haben eine mächtige Längsmuskulatur, einen umfangreichen Darm usw.

Vor der Schwärmzeit, also Anfang Oktober, werden von derselben Wachstumszone aus von vornherein andersartige, das heißt epitoke Segmente gebildet und in üblicher Weise kopfwärts verschoben. Diese Segmente sind lang und schmal, haben eine schwache Längsmuskulatur, einen reduzierten Darm, enthalten die Geschlechtsorgane usw. Die Bildung epitoker Segmente beruht also auf einem einfachen Entwicklungsvorgang: der Abschnürung epitoker Segmente von der Wachstumszone und ihrer Verlagerung nach vorn durch die Bildung immer neuer Segmente vom Hinterende aus. Nur so erklärt sich auch die Tatsache, daß der Übergang zwischen dem atoken und epitoken Körperabschnitt völlig abrupt ist (vgl. Abb. 9).

Wir müssen uns nun fragen, warum zu einem bestimmten Zeitpunkt statt atoker andersartige epitoke Segmente von der Wachstumszone aus gebildet werden und müssen wohl hormonale Zusammenhänge irgendwelcher Art vermuten. Es könnte sich vielleicht um eine Verminderung hemmender Einflüsse handeln, die bei dem unreifen atoken Tier die Bildung geschlechtsreifer epitoker Segmente verhindern, wie es nach den schönen Versuchen von HAUENSCHILD (1956) bei *Platynereis dumerilii* der Fall ist. Insbesondere könnten neurosekretorische Zellen des Oberschlundganglions, die man bei verschiedenen Polychaetenfamilien in letzter Zeit gefunden hat, eine wichtige Rolle spielen.

Es ist denkbar, daß dieses Problem während eines längeren Aufenthalts am Fundort vor und nach der Schwärmzeit geklärt werden könnte. Es müßten während dieser Zeit in regelmäßigen Abständen die neurosekretorischen Zellen des Oberschlundganglions untersucht werden, wobei auf gute Konservierung und spezielle Färbungen zu achten ist.

Nach Ablösung des epitoken Hinterendes muß das dadurch wieder atok gewordene Individuum natürlich das nun fehlende Pygidium mit der davor gelegenen Wachstumszone regenerieren. Hat diese recht begrenzte Regeneration aber stattgefunden, und ist eine Wachstumszone vorhanden, so könnten wieder atoke Segmente durch einen Entwicklungsvorgang, der von hinten nach vorn fortschreitet, gebildet werden. Ob dieses wirklich erfolgt, oder ob die Zahl atoker Segmente im Verlaufe des größten Teiles eines Jahres konstant bleibt, wissen wir noch nicht.

h) Entleerung der Geschlechtsprodukte

Eine weitere interessante Frage betrifft die Entleerung der Geschlechtsprodukte. Nach Collin (1897) zerbrechen die größeren epitoken Stücke in immer kleinere Teile. Hierdurch findet eine ausgiebige Entleerung der Geschlechtsprodukte statt. Wie meine Untersuchungen zeigen, sind aber die epitoken Segmente vollkommen durch Dissepimente voneinander getrennt (vgl. Abb. 13b), und die Geschlechtsprodukte, besonders die Eier, könnten nur dann ausreichend entleert werden, wenn die epitoken Stück durch Autotomie in einsegmentige Bruchstücke zerlegt würden, was bestimmt nicht der Fall ist. Auf diesem Wege kann also die Entleerung der Geschlechtsprodukte nicht ausreichend erfolgen.

Woodworth (1907) hat bemerkenswerte Beobachtungen an lebendem Material machen können. Zunächst stellt er fest, daß die Eier in den weiblichen epitoken Segmenten viel zu groß sind, um durch die Segmentalorgane ausgestoßen zu werden. Ferner konnte er beobachten, daß die weiblichen Geschlechtsprodukte explosionsartig entleert werden, wobei seitliche Risse in den Segmenten entstehen, die sich auch durch mehrere Segmente verfolgen lassen. Es bleibt dann übrig „a small mass of a shriveled translucent pellicle" (S. 9). Diese Beobachtung ist sicher richtig. Auch nach meinen Beobachtungen sind die Eier viel zu groß, um durch die schwach ausgebildeten Segmentalorgane austreten zu können. In Gläsern mit „Palolo", also epitoken Bruchstücken, findet man stets eine große Zahl zusammengefallener und entleerter Überreste weiblicher epitoker Abschnitte. Es sind allerdings nicht „Pelliculae", sondern die aufgerissenen Körperwände nebst Darm, Bauchmark usw.

Hingegen halte ich es für zweifelhaft, daß, wie Woodworth (1907) behauptet, auch die männlichen Geschlechtsprodukte nach derselben Methode entleert werden. In den männlichen epitoken Segmenten sind die Segmentalorgane stets mit Sperma gefüllt (vgl. Abb. 12), so daß also die Möglichkeit einer Entleerung durch diese Organe besteht. Wichtig ist, daß in Gläsern mit „Palolo" keine zusammengefallenen Überreste männlicher epitoker Abschnitte zu finden sind, obgleich sie auf Grund ihrer Pigmentierung sich identifizieren lassen. In bezug auf die Entleerung männlicher Geschlechtsprodukte möchte ich doch annehmen, daß Powell (1883) und Ehlers (1898) recht haben, wenn sie behaupten, daß die Spermatozoen durch die Segmentalorgane ausgeleitet werden.

4. Die systematische Stellung des Palolowurmes

Auf Grund der vorliegenden morphologischen Untersuchungen ist es möglich, die systematische Stellung des Palolowurmes zu erörtern. Es ist hier nicht möglich, auf sämtliche bisher vertretenen Ansichten einzugehen, hingegen erforderlich, einige der wichtigsten Etappen in der Erforschung der Verwandtschaftsbeziehungen hervorzuheben.

Die ersten Angaben über den Palolowurm stammen von Gray (1847). Er hält die Bruchstücke eines Wurmes, die ihm von S. B. Stair übergeben wurden, für verwandt mit *Arenicola* und stellt eine neue Gattung auf:

Palolo, Gray

Die „Gattungsdiagnose" lautet: „Body cylindrical, separated into equal joints, each joint with a small tuft of three or four spicula on the middle of each side. Head — ? Last joint ending in a couple of tentacles. Eggs globular" (S. 17).

Wie leicht festzustellen ist, sind die angeführten Merkmale so allgemeiner Art, daß sie für eine Gattungsdiagnose nicht ausreichen. Die Angaben über ein Paar von Tentakeln am Hinterende sind außerdem unrichtig, da GRAY ein zweites Paar kleinerer „Tentakel" (= Urite) nicht gesehen hat.

Bei der Beschreibung der Art, die *Palolo viridis* n. sp. genannt wird, werden allerdings zwei Merkmale erwähnt, die für epitoke Abschnitte charakteristisch sind: die grüne Farbe (der weiblichen epitoken Segmente! Verf.) und die dunklen Flecke in der Mitte der Segmente (= Bauchaugen. Verf.).

Alles in allem handelt es sich bei dieser ersten Beschreibung weniger um eine Gattungs- und Artdiagnose als um eine vorläufige Benennung, wobei der Eingeborenen-Name „Palolo" zugrunde gelegt wurde. GRAY (1847) konnte zwar erkennen, daß er es mit Bruchstücken von Polychaeten zu tun hatte, konnte jedoch nicht wissen, zu welcher Polychaeten-Familie sie gehören.

Nach den Untersuchungen von MACDONALD (1858), COLLIN (1897) und KRÄMER (1899) wurden die Palolomassen für die Hinterenden von *Lysidice* (*Eunicidae*) gehalten. Es war ein eigenartiger Zufall, daß dieser Vertreter der *Eunicidae*, der an demselben Fundort, aber in einem äußerst geringen Prozentsatz, vorkommt, über Jahrzehnte hinaus für den „echten" Palolowurm gehalten wurde. Später wurde diese Art von EHLERS (1898) als *Lysidice fallax* bzeichnet.

Erst FRIEDLÄNDER (1898) konnte feststellen, daß das Vorderende des Wurmes den Kopf einer *Eunice* hat und daß die „Palolo" nur die „zu besonderen Fortpflanzungskörpern umgewandelten Hinterenden" (S. 345) sind.

Das Material FRIEDLÄNDERS erhielt EHLERS (1898) zur genaueren Untersuchung. Er konnte bestätigen, daß es sich um eine Art der Gattung *Eunice* handelt und benannte sie *Eunice viridis* GRAY. Er konnte endgültig klarstellen, daß die Palolomassen die epitoken Hinterenden dieser Art sind.

Gleichzeitig erkannte EHLERS, daß *Eunice viridis* zu der Formengruppe der *Eunice siciliensis* GRUBE (1840) gehört. Die zu dieser Gruppe gehörenden Arten haben einen charakteristischen Habitus, weil die Segmente des vorderen Körperteils auffallend kurz und breit, die Parapodien niedrige kegelförmige Höcker sind. Die Kiemen sind nicht oder nur wenig verzweigt. Die horizontalen Kieferleisten *M II* (= Zähne oder Zahnplatten nach EHLERS) haben nur sehr wenig Zähne, und zwar 2 bis 3 jederseits, die Unterkiefer sind sehr kräftig und lateralwärts aufwärts gebogen. Es kommt noch hinzu, daß die Borstenhöcker des ersten rudertragenden Segments reduziert sind und daß die für viele Vertreter der Gattung *Eunice* charakteristischen gekämmten Borsten fehlen.

Auf Grund dieser Merkmale trennt O. HARTMANN (1944, 1959) diese Formengruppe von der Gattung *Eunice* ab und stellt die Gattung *Palola* GRAY auf, zu der mehrere sicher nahe verwandte Arten gehören, u. a. auch der Palolowurm. Eine gewisse Berechtigung für die Aufstellung der Gattung *Palola* kann nicht geleugnet werden, ich möchte aber aus folgendem Grunde bezweifeln, ob eine Notwendigkeit hierfür vorliegt.

In systematischer Hinsicht ist besonders wichtig, daß die Oberkieferstücke *M II* jederseits nur 2 bis 3 Zähne haben. Bei der Gattung *Eunice* ist es so, daß viele Arten eine recht große Zahl von Zähnen an *M II* haben. Daneben gibt es aber andere Arten, bei denen die Zahl der Zähne erheblich geringer ist wie *Eunice harassii* mit der Formel *M II* = 1 (5—6) + 1 (5—7) oder *Eunice floridana* mit *M II* = 1 (5—6) + 1 (5—6). Es sind also zwischen Arten mit zahlreichen Zähnen an *M II* und solchen mit sehr wenig Zähnen, wie bei der Formengruppe der *Eunice siciliensis*, Übergänge vorhan-

den, die eine Abspaltung einer Gattung *Palola* weder zwingend noch zweckmäßig erscheinen lassen.

Man könnte die Gattung *Eunice* schließlich auch nach ganz anderen Gesichtspunkten in mehrere Gattungen aufspalten, nämlich nach dem Vorkommen zweilappiger oder vierlappiger Palpen oder dem Vorkommen gegliederter oder ungegliederter Fühler. Dieses hat aber schon Ehlers (1864—68) mit stichhaltigen Gründen abgelehnt.

Ich möchte es daher doch für richtiger halten, wenn der bisherige eingebürgerte Name

Eunice viridis Gray

beibehalten wird. Die Neueinführung des Gattungsnamens *Palola* Gray (1847) wegen des Prioritätsgesetzes erscheint hier nicht sinnvoll, da die Gattungsdiagnose Grays völlig unzureichend ist und der Autor von den Verwandtschaftsbeziehungen des Palolowurmes wegen des Fehlens eines Kopfendes gar nichts wissen konnte.

Zu den von O. Hartmann angeführten Arten, die zu ihrer Gattung *Palola* gehören sollen, noch folgende Bemerkungen:

Als Synonym ihrer *Palola siciliensis* Grube wird von O. Hartmann die Art *Eunice leucodon* Ehlers angeführt. Diese von Ehlers (1901) beschriebene und durch 10 Abbildungen (Taf. XVI, Fig. 1—10) gut illustrierte Art scheint mir in jeder Hinsicht mit *Eunice viridis* Gray und nicht mit *Eunice siciliensis* Grube identisch zu sein. Insbesondere ist die Zahl und Form der Zähne von *M II* bei *Euince viridis* und *Eunice leucodon* genau dieselbe. Nach der Zahl der von Ehlers angegebenen Segmente halte ich es für möglich, daß das von ihm beschriebene Tier ein atokes Individuum von *Eunice viridis* Gray ist. Wenn das stimmt, wäre die geographische Verbreitung des Palolowurmes viel weiter als bisher angenommen und würde sich über weite Teile des pazifischen Ozeans erstrecken, da *Eunice leucodon* bei der Insel Juan Fernandez gefunden wurde.

Wie steht es nun mit der Verwandtschaft von *Eunice siciliensis* und *Eunice viridis*? Um zu einer Klarheit zu kommen, habe ich verschiedenen Individuen von *Eunice siciliensis* die Kieferstücke *M II* herauspräpariert und festgestellt, daß die Zahl ihrer Zähne (Abb. 14) zwar dieselbe ist wie bei *Eunice viridis*, daß sie aber durchaus spitz

Abb. 14. Horizontale Kieferleisten (*M II*) von *Eunice siciliensis* Grube.

und nicht abgerundet sind, was mit einem Bild von Ehlers (1864—68, Abb. 4 auf Taf. XVI) gut übereinstimmt. Auf einige kleinere Unterschiede, die die Fühler, die Zeichnung des Vorderendes und die ersten Ruder betreffen, wird schon von Ehlers aufmerksam gemacht. Hinsichtlich der Kiemen konnte ich allerdings keine Unterschiede feststellen, da beide Arten sowohl unverzweigte als auch schwach verzweigte Kiemen haben. Es kommt aber noch ein wichtiger Unterschied hinzu: bei *Eunice*

viridis werden alle epitoken mit Bauchaugen versehenen Segmente abgelöst, während bei *Eunice siciliensis* bisher nichts Ähnliches festgestellt werden konnte.

Es scheint mir daher sicher, daß diese beiden Arten zwar nahe verwandt sind, jedoch als verschiedene Arten und nicht als Lokalrassen zu betrachten sind.

5. Literatur

CASPERS, H., 1961: Beobachtungen über Lebensraum und Schwärmperiodizität des Palolowurmes Eunice viridis (Polychaeta, Eunicidae). I. Int. Revue ges. Hydrobiol. **46**, 2, 175—183.

COLLIN, A., 1897: Bemerkungen über den eßbaren Palolowurm, Lysidice viridis (GRAY), Anhang zu KRÄMER, A., Über den Bau der Korallenriffe und die Planktonverteilung an den Samoanischen Küsten. Kiel u. Leipzig. 164—174.

EHLERS, E., 1864—68: Die Borstenwürmer. Bd. I. Leipzig.

— 1898: Über Palolo (Eunice viridis GR.). Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-phys. Kl., 400—415.

— 1901: Die Polychaeten des magellanischen und chilenischen Strandes. Berlin, 1—232.

FAGE, L., et LEGENDRE, R., 1927: Pêches planctoniques à la lumière, effectuées à Banyuls-sur-Mer et à Concarneau. I. Annélides Polychètes. Arch. Zool. expér. et génér. **67**, 23—222.

FAUVEL, P., 1923: Polychètes Errantes, in: Faune de France. **5**, Paris.

— 1959: Annelida Polychaeta, in: P. P. GRASSÉ, Traité de Zoologie, **5**, Paris.

FRIEDLAENDER, B., 1898: Über den sogenannten Palolowurm. Biol. Cbl. **18**, 337—357.

GRAY, J. E., 1847: An account of Palolo, a Sea Worm eaten in the Navigator Islands. Proc. Zool. Soc. London. **15**, 17—18.

HAFFNER, K. v., 1959: Über den Bau und den Zusammenhang der wichtigsten Organe des Kopfendes von Hyalinoecia tubicola Malmgren (Polychaeta, Eunicidae, Onuphidinae) mit Berücksichtigung der Gattung Eunice. Zool. Jahrb., Anat. **77**, 133—192.

HARTMAN, O., 1944: Polychaetous Annelids. V. Eunicea. Allan Hancock Pacific Exped. **10**, 1—238, 18 pls.

— 1959: Catalogue of the Polychaetous Annelids of the world. Part. I. Allan Hancock Foundation Publications. Nr. 23.

HAUENSCHILD, C., 1956: Hormonale Hemmung der Geschlechtsreife und Metamorphose bei dem Polychaeten Platynereis dumerilii. Z. Naturforschung. **11 b**, 125—132.

HEMPELMANN, F., 1928—34: Archiannelida u. Polychaeta, in: W. KÜKENTHAL, Handb. der Zoologie. **2**, 2. Hälfte.

HESSE, R., 1899: Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. V. Die Augen der polychaeten Anneliden. Z. wiss. Zool. **65**, 446—516.

KRÄMER, A., 1899: Palolountersuchungen. Biol. Cbl. **19**, 15—30.

MACDONALD, J. D., 1858: On the external Anatomy and Natural History of the Genus of Annelida named Palolo by the Samoans and Tonguese and Mbalolo by the Fijian. Trans. Linn. Soc. London. **22**, pt. III, Nr. 16, 237—239, pl. 1.

PLATE, L., 1924: Allgemeine Zoologie u. Abstammungslehre. **2**, Jena.

POWELL, TH., 1882: Remarks on the structure and habits of the coral-reef annelid, Palolo viridis. Journ. Linn. Soc. Zool. London, **16**, 393—396.

SCHRÖDER, O., 1905: Beiträge zur Kenntnis der Bauchsinnesorgane (Bauchaugen) von Eunice viridis GRAY (Palolo. Z. wiss. Zool. **79**, 132—149, Taf. 7 u. 8.

WOODWORTH, W. McM., 1907: The palolo worm, Eunice viridis (GRAY). Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard **51**, 1—21, 3 pls.

Prof. Dr. K. v. HAFFNER
Zoologisches Staatsinstitut und
Museum, Hamburg 13,
Von-Melle-Park 10.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	205—213

Joachim Illies

Hydrobiologische Anstalt der
Max-Planck-Gesellschaft, Plön/Holstein

Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer

Zu den nachhaltigsten Erlebnissen bei einer Sammelreise in ferne, überseeische Länder gehört für den Limnologen der vertraute und in Physiographie wie in den Lebenstypen seiner Besiedler prinzipiell mit den heimischen Verhältnissen vergleichbare Eindruck, den die limnischen Biotope inmitten der sonst so fremden terrestrischen Umwelt des anderen Erdteils machen. Für das Seenplankton wiesen Thienemann u. Ruttner nach der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition auf dieses Phänomen hin (s. z. B. Ruttner 1931), für die Gebirgsbäche Südamerikas habe ich kürzlich (Illies 1961) den Vergleich mit europäischen Bergbächen angestellt und betont, daß wir in ihnen physiographisch identische Biotope und in ihren Biozönosen daher eine „Isozönose" im Sinne von Balogh (1958) vor uns haben.

Inzwischen ist die Bearbeitung des in südamerikanischen Fließgewässern gesammelten Materials fortgeschritten, und auch von anderen Gebieten der Erde sind neue, intensive Faunenanalysen und exakte physiographische Daten bekannt geworden, so vor allem über den südafrikanischen Great Berg River durch Harrison et al. (1958). Es ist daher an der Zeit zu einem Versuch, für die biozönotische Gliederung der Fließgewässer allgemein gültige, sozusagen „isozönotische" Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten. Ein solcher erster Ansatz wird sich dabei auf die grobe Gliederung in besonders deutlich gekennzeichnete Abschnitte beschränken müssen und wird naturgemäß in vielen Details noch der Vertiefung, Ergänzung und Verbesserung bedürfen. Immerhin aber sei damit der Anfang gemacht für eine die ganze Erdoberfläche umfassende, typisierende Fließgewässer-Limnologie.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst theoretisch die allgemeinen physiographischen Gesetzmäßigkeiten, denen ein Fließgewässer normalerweise unterworfen ist! Wir erhalten dann entlang des Flußverlaufes das Bild von zwei gegenläufigen, kontinuierlich sich ändernden und asymptotisch einem Endzustand zustrebenden Generalfaktoren (s. Abb. 1). Es sind die beiden, das Fließgewässermilieu vor allen anderen bestimmenden Faktoren der Strömung (als Strömungsgeschwindigkeit in Bodennähe) und der Temperatur (als örtliche Maxima der monatlichen Mitteltemperaturen). Proportional zu diesen Generalfaktoren verläuft der O_2-Gehalt, der als „physiologischer Sauerstoffreichtum" im Sinne Ruttners (1940) wirksam wird. Ein weiterer Faktor von erheblicher Bedeutung ist die Wasserführung. Sie ist im allgemeinen, wie vor allem im Oberlauf deutlich wird, umgekehrt proportional der Strömungsgeschwindigkeit, hängt aber andererseits direkt von der Niederschlagsmenge des betreffenden geographischen Raumes ab und zeigt daher erhebliche regionale Schwankungen. So kann der Unterlauf eines Fließgewässers unter extremen Bedingungen

den Charakter eines Flusses völlig verlieren, indem er bei Hochwasser (zumindest in Bodennähe) stagniert oder andererseits in Trockengebieten völlig versiegt.

Vernachlässigen wir jedoch extreme regionale Sonderbedingungen und verfolgen einen vom Gebirge kommenden Flußverlauf von der Quelle zur Mündung, so ergibt sich aus der gegenläufigen Entwicklung der beiden Generalfaktoren ein von der geographischen Lage unabhängiges Bild.

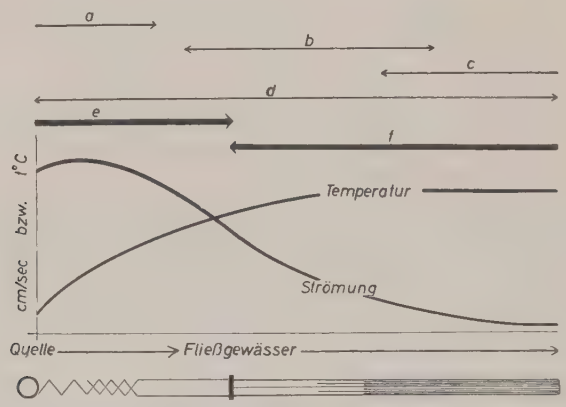


Abb. 1. Die Entwicklung der abiotischen Generalfaktoren (Strömung und Temperatur) im Verlauf eines Fließgewässers. Die Pfeile *a—f* zeigen das Vorkommen einzelner Organismenarten innerhalb des Faktorengefälles an. Unter der Abzisse die gebräuchlichen Symbole für die Darstellung der Einzelabschnitte eines Fließgewässers (s. auch Abb. 2).

Von der Quelle kommend, beginnt das Gewässer mit niederer, dem Jahresdurchschnitt der Region entsprechender Temperatur und mit hoher Strömungsgeschwindigkeit seinen Lauf. Die Höhenlinien werden zunächst senkrecht, später in spitzem Winkel geschnitten. Die Strömung ist hochgradig turbulent, die Wasseroberfläche vielerorts durch größere Geröllmassen durchbrochen und die Durchlüftung demgemäß hoch.

Der zunächst schnellen Strömung eines solchen Baches entspricht eine schnelle, flußabwärts gerichtete Veränderung der Faktorenwerte (s. Abb. 1). Durch eine Reihe von physiographisch deutlich unterschiedenen Zwischenstadien geht das Fließgewässer dann in den Typ des Flusses über, eines limnischen Bereiches also, der bei weiter räumlicher Ausdehnung nur noch geringe faktorielle Veränderungen entlang seines Laufes bringt. Das Wasser strömt ruhiger, an der Oberfläche bedeutend schneller als am Grunde und weitgehend laminar. Die Oberfläche ist meist geschlossen, Stromschnellen finden sich allerdings in den Verlauf eingeschaltet. Der Sauerstoff kann in den Bodenschichten ein Defizit aufweisen und die Lichtdurchlässigkeit ist verringert und kann in großen Strömen gänzlich aufhören. In diesem Zustand wird schließlich das Mündungsgebiet erreicht, wo mit dem brackig werdenden Wasser der limnische Bereich der Fließgewässer sein Ende findet.

Aus dem Vorangegangenen wird deutlich, daß wir es im Fließgewässer vor allem mit zwei deutlich unterschiedenen Bezirken zu tun haben. Die rein geographischen Bezeichnungen „Bach" und „Fluß" sind eine erste Andeutung in dieser Richtung.

Betrachten wir nun aber diese Biotope ökologisch, das heißt als Lebensstätten mitsamt der sie erfüllenden Biozönosen, so wird das Bild ihrer Gliederung noch wesentlich kontrastreicher. Es zeigt sich ein reicher Faunenwechsel entlang des Fließgewässers und es ergibt sich damit die Möglichkeit der faunistischen Kennzeichnung, wie sie z. B. in den bekannten Fischregionen zum Ausdruck kommt.

Von großer Wichtigkeit ist dabei, daß der Faunenwechsel keineswegs so kontinuierlich verläuft, wie der Wechsel in der Stärke der physiographischen Faktoren, sondern daß er an bestimmten Stellen des Flusses (meist bei der Einmündung von Nebengewässern) massiert auftritt. Damit erweisen sich die Vergesellschaftungen an typischen Flußstellen als echte Biozönosen (Illies 1953, 1960, Schmitz 1957), und wir sind berechtigt, von einer natürlichen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer zu sprechen.

Wenn wir in groben Zügen diese biozönotische Gliederung verfolgen, so zeigt sich an einer Stelle stets ein besonders scharfer Faunenwechsel: zwischen den Regionen, die wir in Mitteleuropa Salmonidenregion und Barbenregion nennen. Offensichtlich haben wir hier biozönotisch die Entsprechung für den biotopmäßigen Unterschied zwischen „Bach" und „Fluß". Es gibt zwar Organismenarten, deren ökologische Grenzen im Flusse anders liegen, z. B. in der „Forellenregion" (*a* in Abb. 1) oder weit im mittleren Flußbereich (*b* in Abb. 1) oder im Unterlauf (*c* in Abb. 1). Auch gleichmäßige Verbreitung im gesamten Flußsystem kommt vor (*d* in Abb. 1) und dazu viele Übergangsformen von einem zum anderen Typ. Eine ganz erhebliche Zahl von Arten, Gattungen und selbst Familien findet jedoch gerade an der Grenze zwischen „Äschenregion" (= untere Salmonidenregion) und Barbenregion (= obere Cyprinidenregion) ihre Verbreitungsgrenze (*e* und *f* in Abb. 1). Sie bewirken an dieser Stelle einen Faunenwechsel, wie er ähnlich abrupt nirgends sonst im Verlauf des Fließgewässers anzutreffen ist. Bei der Behandlung der Barbenregion der Fulda habe ich (Illies 1958) diesen Faunenwechsel bereits geschildert. Er beschränkt sich nicht auf qualitative Unterschiede, sondern greift auch tief in die quantitative Zusammensetzung der Besiedler ein: „während Trichopteren und Plecopteren in der Salmonidenregion etwa ein Viertel der gesamten Individuenmenge ausmachen, sind beide Gruppen in der Barbenregion weitgehend ausgeschaltet. Demgegenüber treten in der Barbenregion Isopoden, Nematoden, Hirudineen und Odonaten in beträchtlicher Menge auf, während sie in der Salmonidenregion praktisch nicht ins Gewicht fallen". Ähnlich wechseln sich im Nekton (s. z. B. Müller 1955) hier die Salmoniden mit den Cypriniden ab.

Damit ist auch von der biozönotischen Seite her deutlich geworden, was der physiographische Augenschein lehrt: der Bach, am typischsten in seiner Ausprägung als schnellfließender Gebirgsbach, und der Fluß, typisch als langsam ziehender Tieflandstrom, sind zwei gänzlich verschiedene limnische Ökosysteme. Die Grenze zwischen ihnen ist so erheblich wie die zwischen dem Bach und der Quellregion einerseits oder wie andererseits die zwischen dem Fluß und seinem brackigen Mündungsgebiet. Man hat also zwei Großbiozönosen im Fließgewässer zu unterscheiden, beide im gleichen ökologischen Rang wie die Biozönosen der Quelle oder des Sees.

Die einfache Benennung als Bach und Fluß oder als Ober- und Unterlauf eines Flusses gehört in das Bereich der Geographie. Für die Limnologen bleibt die Notwendigkeit, die von ihnen erkannten Gesetzmäßigkeiten mit einem limnologischen Namen zu belegen. Dabei müssen wir uns von den für Mitteleuropa traditionellen Namen Salmoniden- und Cypriniden-Region freimachen, weil sie nur dort sinnvoll sein können, wo die betreffenden Fischfamilien vorkommen, das heißt maximal auf

der nördlichen Hemisphäre. Darüber hinaus sind gerade die Differentialarten Äsche und Barbe von besonders beschränkter Verbreitung und außerdem ständig und überall von menschlichen Eingriffen bedroht. Würde man sie als Paten für die Namensgebung der Fließgewässer-Biozönosen beibehalten, so würde man sich immer häufiger „Barbenregionen" gegenübersehen, in denen es keine Barben gibt (wie z. B. heute schon — mitten im Verbreitungsgebiet der Barbe — in der ELBE, s. BAUCH 1953).

Zur Vermeidung solcher Schwierigkeiten und um die typisierende Fließwasserlimnologie aus ihrer Beschränkung auf die nördlichen Breiten herauszuführen, schlage ich für die beiden Ökosysteme die Bezeichnungen Rhithron und Potamon vor. Die weitere biozönotische Unterteilung der beiden Fließwasser-Großbiotope soll dann so geschehen, wie es beim Ökosystem See bereits geläufig ist (Hypo-, Meta- und Epi-Limnion). Ob eine solche Dreiteilung im Potamon nötig ist oder ob dort eine Zweiteilung ausreicht, muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Für das Rhithron dagegen ist die biozönotische Dreiteilung mehrfach bewiesen worden (ILLIES 1953, 1960, SCHMITZ 1957). Es ergibt sich damit für die mitteleuropäischen Verhältnisse die folgende Gegenüberstellung der alten und neuen Bezeichnungen:

Epirhithron	=	Oberlauf der Salmonidenregion, (oSR), obere Forellenregion.
Metarhithron	=	Mittellauf der Salmonidenregion, (mSR), untere Forellenregion.
Hyporhithron	=	Unterlauf der Salmonidenregion, (uSR), Aeschenregion.
Epipotamon	=	Oberlauf der Cyprinidenregion, (BaR), Barbenregion.
Metapotamon	=	Unterlauf der Cyprinidenregion, Brassen- oder Bleiregion.
Hypopotamon	=	Kaulbarsch-Flunder-Region.

Ohne auf die Unterteilung beider Begriffe hier näher einzugehen, soll im folgenden eine genauere Charakterisierung von Rhithron und Potamon versucht werden. Betrachtet man ihre Besiedlungsunterschiede, so zeigt sich, daß die Differenz zwischen Rhithrobenthos und Potamobenthos (ebenso wie zwischen Rhithro- und Potamo-Nekton) vor allem daher rührt, daß die betreffenden Organismen zu verschiedenen ökologischen und verbreitungsgeschichtlichen Typen gehören. Echte rhithrobenthische Arten sind kaltstenotherm, rheobiont und polyoxybiont, verbreitungsgeschichtlich sind sie daher Gletscherrandarten. Dagegen stellte ich bereits früher (ILLIES 1958) für die meisten Arten des Potamobenthos fest: sie sind eurytherm und rheotolerant; ihr Auftreten im Fluß bedeutet keine unbedingte Bevorzugung dieses Bereiches sondern ist meist nur ein Ausdruck für die große ökologische Valenz dieser Arten, Gattungen oder Familien, deren eigentliches Optimum in stehenden Gewässern liegt. Verbreitungsgeschichtlich sind diese Arten daher meist weitverbreitete Formen der Ebene, in unserem Gebiet z. B. meist postglaziale Rückwanderer aus glazialen Wärmerefugien.

Halten wir uns nun die Tatsache vor Augen, daß ökologische Präferenzen meist nicht nur einzelne Arten charakterisieren, sondern für ganze Verwandtschaftsgruppen im Range von Gattungen und Familien typisch sind, so erklärt sich daraus das Phänomen, daß die Mitglieder der Biozönosen in vergleichbaren Biotopen weit über das Verbreitungsgebiet einzelner Arten hinaus miteinander verwandt sind und sich daher

ähneln. Solche Isozönosen bleiben daher selbst bei antipodischer Lage auf dem Erdball miteinander vergleichbar, denn wenn sie auch keine einzige gemeinsame Art besitzen, drückt sich doch die Verwandtschaft ihrer Mitglieder durch eine genügende Anzahl gemeinsamer Gattungen, Unterfamilien oder Familien aus.

Das Rhithron und das Potamon sind gute Beispiele solcher für die ganze Erde verbindlichen Isozönosen. So kann man z. B. feststellen (Milne & Milne 1939, Ross 1956), daß die Trichopteren sich in zwei auch phylogenetisch deutlich unterschiedene Gruppen aufteilen, wobei unter den primitiven Gruppen fast alle Arten „cool adapted" sind, während nur spezialisierte Gruppen die Schar der „warm adapted" Arten stellen. So ist die primitive Familie der Rhyacophilidae in fast allen ihren Arten kaltstenotherm, diese Arten sind also überall in ihrem Verbreitungsgebiet Mitglieder des Rhithrobenthos. Dagegen sind die deutlich eurythermen (warm adapted) Gruppen entweder im Potamobenthos anzutreffen (z. B. *Chimarrha*) oder aber im Limnobenthos (z. B. die Phryganeidae). Ähnliche kaltstenotherme Verwandtschaftsgruppen, die überall auf der Erde ganz oder weitaus überwiegend zum Rhithrobenthos gehören, sind auch bei anderen Insektenordnungen zu finden (s. u.). Wir haben daher mit ihnen die Möglichkeit, die beiden Fließgewässer-Ökosysteme sowohl physiographisch als auch biozönotisch für die ganze Erde verbindlich zu definieren. Dies soll im folgenden geschehen:

Rhithron. Der sich an die Quelle (Krene) anschließende Teil des Fließgewässers bis zu einer Temperaturamplitude der Monatsmittel von etwa 20 °C. Die Strömungsgeschwindigkeit ist hoch, die O_2-Sättigung des Wassers infolge turbulenter und schneller Strömung überall hoch, die Wasserführung im allgemeinen gering. Der Boden besteht aus festem Gestein, Geröll, Kies oder feinem Sand; Schlammbildung und -Ablagerung nur in strömungsgeschützten Winkeln (Kolken).

Besiedlung: Mehr oder weniger kaltstenotherme, rheobionte und polyoxybionte Organismen, oft mit starken morphologischen Anpassungen an die Strömung. Rhithrobenthos: Ecdyonuridae, Ephemerellidae, Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Capniidae, Leuctridae, Nemouridae, Gripopterygidae (Plecoptera), Blepharoceridae, Simuliidae, Podonomidae, Psychomyidae (Diptera), Elmidae, Psephenidae, Helodidae, Hydraenidae (Coleoptera), Rhyacophilidae, Odontoceridae, Glossosomatinae, Philopotaminae (ohne *Chimarrha*) (Trichoptera), Ancylidae (Gastropoda), Hygrobatidae, Protziidae (Hydrachnellae) und viele andere. — Rhithronekton: in nördlichen Breiten: Salmonidae, in den Tropen: viele endemische Familien, z. B. Loricaridae, in südlichen Breiten: Galaxidae. — Rhithroplankton: kaum ausgebildet, vorwiegend aus Harpacticidae bestehend.

Potamon. Der sich an das Rhithron anschließende Teil eines Fließgewässers mit mehr als 20 °C Temperaturamplitude der Monatsmittel oder — in den tropischen Breiten — mit sommerlichen Maxima der Monatsmittel von mehr als 20 °C. Die Strömungsgeschwindigkeit ist auf der Flußsohle niedrig, die Strömung verläuft mehr oder weniger laminar. In der Tiefe kommt es zu Sauerstoff-Defizit, teilweiser bis völliger Lichtextinktion und Schlammbildung. Die Wasserführung schwankt jahreszeitlich meist bedeutend. Der Flußgrund ist aus Sand und Schlamm gebildet und kann Geröll (Geschiebe) führen.

Besiedlung: Eurytherme oder warmstenotherme und rheotolerante Organismen, meist aus Verwandtschaftskreisen, deren Hauptentfaltung im stehenden Gewässer liegt. Potamobenthos: Siphlonuridae, Potamanthidae, Polymitarcidae, Caenidae (Ephemeroptera), Perlodidae, Perlidae, besonders Acroneuriinae (Plecoptera), Chiro-

nomariae, Culicidae, Tabanidae, Stratiomyidae (Diptera), Agrionidae (Odonata), Corixidae, Notonectidae (Hemiptera), Haliplidae, Dytiscidae (Coleoptera), Leptoceridae, Hydroptilidae (Trichoptera) und viele andere. — Potamonekton: in nördlichen Breiten: Cyprinidae, in anderen Regionen zahlreiche endemische Familien. — Potamoplankton: reich entwickelt, neben stenöken Arten enthält es hauptsächlich eingeschwemmtes Limnoplankton. —

Es gilt für die geschilderten Ökosysteme, was für alle limnologischen „Typen" gilt: selten wird man sie in der Natur völlig rein vorfinden, fast nie völlig gleich und stets durch Übergänge miteinander verbunden. Auch wird ein Potamon nicht unbedingt und grundsätzlich auf ein Rhithron folgen. Ein Rhithron kann direkt ins Meer münden, ein Potamon kann (als Seeausfluß) ohne vorgeschaltetes Rhithron direkt aus einem Limnion hervorgehen, und schließlich kann ein „Bach" der Ebene ein Potamon sein, obwohl sein physiographischer Aspekt, vor allem seine Wasserführung, ihn äußerlich einem Rhithron ähneln läßt. Von solchen Ausnahmen abgesehen aber wird sich ein im Gebirge entspringendes und dem Meere zuströmendes Fließgewässer auf Grund seiner biotopischen und biozönotischen Charaktere überall auf der Erde deutlich erkennbar in Rhithron und Potamon gliedern. Ein Vergleich von vier Fließgewässern verschiedener Größe und geographischer Lage soll zum Beweis dieser Behauptung dienen. Die ausgewählten Gewässer sind entweder in der Literatur ausführlich beschrieben oder durch eigene Aufsammlungen näher untersucht, so daß ihre Besiedlung und die physiographischen Daten wenigstens in groben Zügen bekannt sind. Das Ergebnis dieses Vergleiches ist in Abb. 2 schematisch dargestellt.

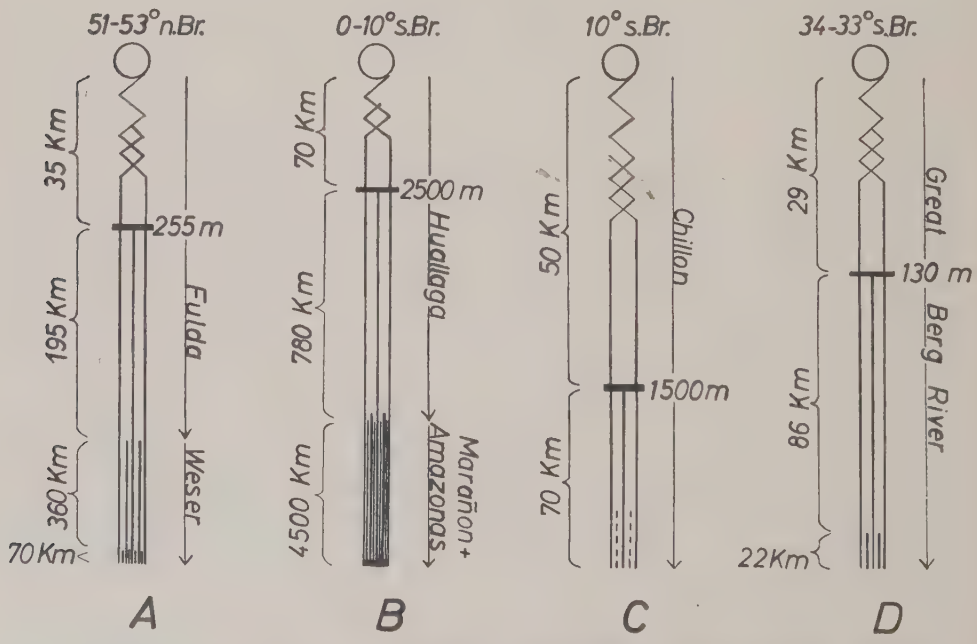


Abb. 2. Biozönotische Gliederung einzelner Fließgewässer in schematischer Darstellung. (A Fulda-Weser; B Huallaga-Amazonas; C Chillon/Peru; D Great Berg River/Südafrika). Nähere Erläuterung im Text.

1. Fulda-Weser (51—56° nördl. Br.)

Die biozönotische Gliederung ist durch frühere Arbeiten geklärt (s. Illies 1953). Das Rhithron hat danach eine Länge von etwa 35 km (Quelle bis Fliedemündung). Das sich anschließende Potamon kann etwa bis zur Werramündung (195 km) als Epipotamon (Barbenregion, s. Müller 1951) betrachtet werden, die Weser (s. Schräder 1941) auf etwa 360 km als Metapotamon und die sogenannte Unterweser (70 km) von Bremen bis Bremerhaven als Hypopotamon. Die anschließende Außenweser bildet dann das Ökosystem des brackigen Mündungsgebietes. In Abb. 2a ist die sich somit ergebende Gliederung logarithmisch ($x = \log L^{-1}$) dargestellt.

2. Huallaga-Maranon-Amazonas. (0—10° s. Br.)

Die für die hier versuchte Gliederung entscheidenden oberen 200 km des gewaltigen, etwa 5350 km langen Fließgewässersystems wurden von mir 1958 bereist und an 8 Stationen genauer untersucht. Über das tiefer gelegene brasilianische Stromgebiet gibt es zahlreiche faunistische Veröffentlichungen, z. B. Eigenmann & Allen (1942). Unterhalb der mehr als 4000 m hoch gelegenen Quellregion bietet der Huallaga zunächst physiographisch und faunistisch den typischen Aspekt eines Rhithrons. Auch hypo- und epirhithrische Biozönosen lassen sich deutlich unterscheiden. Zwischen Station 4 und 5 meiner Aufsammlung, etwa beim Flußkilometer 70 (10 km vor Ambo/Perú, 2500 m NN) beginnt dann das Potamon. Es verläuft mit typischer Besiedlung als Hypopotamon über die restlichen 780 km des Huallaga und geht bei der Einmündung in den breiten Marañon in ein Epipotamon über, als welches der gesamte Marañon und Amazonas sich über Tausende von Kilometern bis zur Küste hinzieht. In Abb. 2b ist die sich damit ergebende biozönotische Gliederung im Maßstab $2\,x = \log L^{-1}$ dargestellt.

3. Chillon/Perú (10° südl. Br.)

Aus der gleichen geographischen Breite wie der vorige Fluß, soll der Chillon als Beispiel für ein kleineres, nur 120 km langes Fließgewässer dienen. Er entspringt in 3600 m Höhe in den peruanischen Anden und verläuft dann in steilem Abfall nach Westen zum Pazifik. Er wurde von mir 1958 an insgesamt 6 Stationen limnologisch analysiert und eine erste Besiedlungsliste (für die Dryopiden) bereits (Illies 1961) veröffentlicht. Die Grenze zwischen Rhithron und Potamon liegt beim Chillon zwischen meinen Stationen 3 und 4, das heißt in etwa 1500 m NN Höhe. Im Rhithron zeigen sich Andeutungen einer typischen Dreigliederung, das Potamon ist infolge starken Wasserverlustes durch Verdunstung und Bewässerungsgräben untypisch und erreicht das Mündungsgebiet nur zeitweilig. Zu anderen Zeiten „verläuft es im Sande". Die biozönotische Gliederung ist in Abb. 2c dargestellt.

4. Great-Berg-River/Südafrika (33° südl. Br.)

Durch die ausgezeichnete Monographie von Harrison et al. (1958) liegen die physiographischen Daten und die Besiedler dieses Flusses so weitgehend fest, daß eine biozönotische Gliederung leicht durchgeführt werden kann. Sie ist von Harrison selbst vorgenommen worden und er bemerkt (p. 223) in ausdrücklichem Vergleich zu den „europäischen Fischzonen": „The lower parts of the Great Berg, Zone II, Zone III A and the upper parts of Zone III B, compare very well and support a population of trout; the invertebrate fauna is similiar to that of trout streams in other parts of the world." Damit ergibt sich die Grenze zwischen Rhithron und Potamon bei Station 12 (Wellington, lfd. km 39). Der untere Teil von Zone III B sowie Zone IV („Foothill, soft bottom zone") sind das Epipotamon, die Zone V („Flood plain zone") entspricht dem Meta- und Hypopotamon. Die sich damit ergebende biozönotische Gliederung ist in Abb. 2d dargestellt.

Es ließ sich somit zeigen, daß Fließgewässer in allen Teilen der Welt normalerweise eine vergleichbare Gliederung in Rhithron und Potamon aufweisen. Die Grenze zwischen beiden Ökosystemen wird dabei vom Klima der betreffenden Region abhängen und um so höher liegen, je niedriger die geographische Breite ist. Berücksichtigen wir weiterhin, daß in polaren Bereichen die Unterschiede zwischen Rhithron

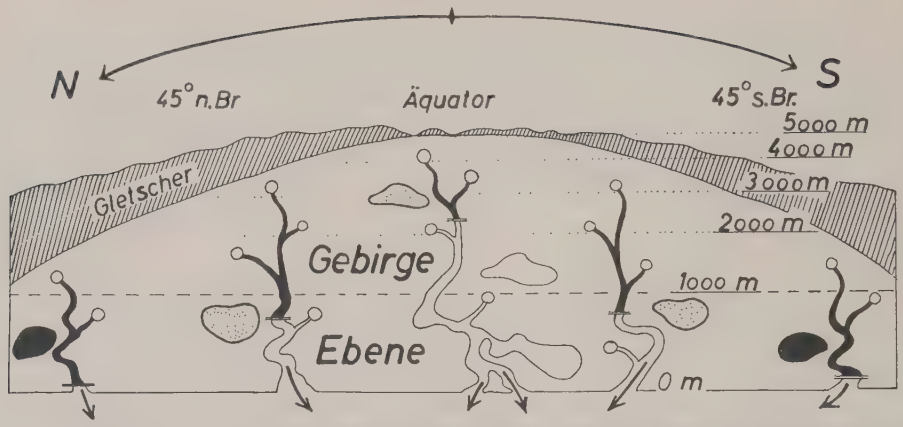


Abb. 3. Schema der biozönotischen Gliederung von Fließgewässern in Abhängigkeit von Höhenlage und geographischer Breite (schwarz: Rhithron; weiß: Potamon). Alle Fließgewässer der Darstellung entspringen in einem hypothetischen, meridional verlaufenden Gebirge. Nähere Erläuterung im Text.

und Limnion wegen ähnlicher Temperaturverhältnisse sehr gering werden (THIENEMANN 1941), und andererseits in tropischen Breiten das Potamon dem dortigen Limnion mit zunehmender Äquatornähe zunehmend ähnlich wird (BOTOSANEANU 1960), so erhalten wir eine allgemeine Vorstellung von der biozönotischen Gliederung der Fließgewässer der Erdoberfläche, wie sie in Abb. 3 angedeutet ist. Ein hypothetischer, entlang eines Meridians verlaufender, hoher Gebirgszug (andeutungsweise mit den Kordilleren zu vergleichen) zieht sich von einem Pol über den Äquator bis zum anderen Pol. Die von ihm in verschiedenen Breiten entspringenden Fließgewässer sind in ihrer biozönotischen Gliederung in Rhithron (in der Abb. schwarz) und Potamon (in der Abb. weiß) gezeigt. Gleichzeitig sind die Seen eingetragen, die aber nur in den gemäßigten Breiten in vollem Maße eigenständige, von Rhithron und Potamon stark abweichende Verhältnisse zeigen (in der Abb. punktiert). Das Rhithron ist in hohen Breiten die beherrschende Biozönose, es fehlt hier schließlich sogar ein Potamon völlig und selbst in der Ebene entspringende Fließgewässer sind echt rhithrisch. In gemäßigten Breiten sind solche Gewässer der Ebene als Potamon ausgebildet, überall im Gebirge jedoch als Rhithron. In niederen tropischen Breiten schließlich sind selbst kleinere Fließgewässer in weit mehr als 1000 m Höhe meist potamisch und erst in ganz erheblichen Höhen treffen wir auf echte Rhithrone.

Wieweit auch die feinere Unterteilung dieser Ökosysteme in allgemein gültiger Form möglich ist, wird erst entscheidend beurteilt werden können, wenn größeres Material an tropischem Rhithrobenthos faunistisch analysiert ist. Die bisherigen Ansätze dazu, besonders die fortschreitende Analyse meines eigenen Materials aus südamerikanischen Bergbächen, läßt allerdings bereits jetzt vermuten, daß es gelingen wird, auch für Epi-, Meta- und Hyporhithron eine für alle geographischen Breiten verbindliche biozönotische Definition zu finden. Es würde damit zur Gewißheit werden, was bereits beim ersten Vergleich (ILLIES 1961) angedeutet wurde: daß nämlich nicht nur das Rhithron als Ganzes sondern auch seine drei biozönotischen Glieder echte, für die gesamte Erdoberfläche gültige Isozönosen sind.

Literatur

BALOGH, J., 1958: Lebensgemeinschaften der Landtiere. Berlin.

BAUCH, G., 1953: Vorkommen und Wachstum von Nutzfischen in der mittleren Elbe. Ber. Limnol. Flußst. Freudenthal 4, 12—13.

BOTOSANEANU, L., 1960: Sur quelques regularités observées dans le domaine de l'écologie des insectes aquatiques. Arch. Hydrobiol. **56**, 370—377.

EIGENMAN, C. & ALLEN, W., 1942: Fishes of Western South America. The University of Kentucky, Lexington.

HARRISON, A. D., et al. 1958: Hydrobiological studies on the Great Berg River, Western Cape Province. R. Soc. South Africa Trans. **35**/III.

ILLIES, J., 1953: Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stande der Untersuchung. Ber.-Limnol. Flußst. Freudenthal **5**, 1—28.

— 1958: Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. Verh. internat. Ver. Limnol. **13**, 834—844.

— 1960: Zur Frage der Realität des Biozönosebegriffes. Ber. Ges. angew. Ent. **47**, 95—101.

— 1961: Gebirgsbäche in Europa und in Südamerika — ein limnologischer Vergleich. Verh. internat. Ver. Limnol. **14** (im Druck).

MILNE, M., & MILNE, L., 1939: Evolutionary trends in caddis worm case construction. Ent. Soc. America Ann. **32**, 533—542.

MÜLLER, K., 1951: Fische und Fischregionen der Fulda. Ber. Limnol. Flußst. Freudenthal **2**, 18—23.

— 1955: Qualitative und quantitative Untersuchungen der Fische der Fulda. Hydrobiologia **7**, 230—244.

ROSS, H. H., 1956: Evolution and classification of the mountain caddisflies. Urbana, Ill.

RUTTNER, FR., 1931: Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. **8**, 197—460.

— 1940: Grundriß der Limnologie. Hydrobiologie des Süßwassers. Berlin.

SCHMITZ, W., 1957: Die Bergbach-Zoozönosen und ihre Abgrenzung, dargestellt, am Beispiel der oberen Fulda. Arch. f. Hydrobiol. **53**, 465—498.

SCHRÄDER, TH., 1941: Fischereibiologische Untersuchungen im Wesergebiet II. Z. f. Fischerei u. d. Hilfswiss. **39**, 527—693.

THIENEMANN, A., 1941: Lappländische Chironomiden und ihre Wohngewässer. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. **17**, 1—253.

Prof. Dr. JOACHIM ILLIES
Hydrobiologische Anstalt der
Max-Planck-Gesellschaft,
Plön/Holstein

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	214—254

Elisabeth Danecker

Zoologisches Institut der Universität Wien

Studien zur hygropetrischen Fauna
Biologie und Ökologie von *Stactobia* und *Tinodes* (Insect., Trichopt.)[1]

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 215

II. Beobachtungen im Gebiet von Lunz am See/Niederösterreich 215

A. Arbeitsmethoden 215

B. Beschaffenheit und Hydrographie der hygropetrischen Biotope 219

1. Begrenzung der Stellen und Vegetationsfärbung 219
2. Untergrund 219
3. Fließgeschwindigkeit und Filmdicke 220
4. Wirkung der Insolation 221
5. Beschaffenheit des Wassers 224
6. Vegetation 225

III. Biologie und Ökologie von *Stactobia* und *Tinodes* 225

A. *Stactobia* 225

1. Die Larve 226
   a) Larvenstadien 226
   b) Köcherbau 229
   c) Dauer der Larvenstadien 231
2. Die Puppe 232
3. Die Imago 232
4. Die Eier 232
5. Ökologische Untersuchungen 233
   a) Bevorzugung verschiedener Feuchtigkeits- und Fließgeschwindigkeitszonen im Verlauf der Entwicklung vom Ei zur Imago 233
   b) Einfluß von Licht und Insolation 237
   c) Einfluß der Wassertemperatur 240

B. *Tinodes* 240

1. Die Larvenstadien 240
2. Die Puppe 244
3. Ökologische Untersuchungen 246
   a) Reaktion auf Fließwasser und Untergrund 246
   b) Verhalten der Larven bei Austrocknung 246
   c) Reaktion der Larven auf Licht 248
   d) Röhre und Baumaterial 248
   e) Nahrung der Larven 250

[1]) Dissertation Philos. Fak. Univers. Wien 1958.

IV. Charakterisierung des hygropetrischen Lebensraumes und seiner Leitformen *Stactobia* und *Tinodes* 251
V. Zusammenfassung 252
VI. Literatur 254

I. Einleitung

Die hygropetrische Fauna lebt in einem Übergangsgebiet zwischen Wasser und Land. Die vorliegende Arbeit versucht zu zeigen, wie weit Organismen in ihrer Biologie und Ökologie durch die Grenznatur eines solchen Lebensraumes beeinflußt werden.

Als Untersuchungsobjekte wählte ich zwei, an den hygropetrischen Stellen in der Umgebung von Lunz am See, N.Ö., sehr häufig vorkommende Trichopterengattungen, *Stactobia* und *Tinodes*, erstere ein Köcherbauer, die zweite ein Röhrenbauer.

Nach THIENEMANN (1909, p. 53) ist die „Fauna hygropetrica" „die Tierwelt der nur von dünner Wasserschicht überspülten Felsen". STEINMANN (1907) übernimmt den Ausdruck, FEUERBORN (1933) versucht in seiner Psychodidenarbeit ihn durch „Fauna liminaria"-Grenzfauna zu ersetzen.

Eine hygropetrische Stelle entsteht dort, wo Wasser dauernd in dünner Schicht über den Untergrund läuft (THIENEMANN 1909). Die Erneuerung des Wassers erfolgt durch Zufluß oder kapillare Fortleitung (BERTRAND 1948, VAILLANT 1955). Da die Wasserhaut sehr dünn ist — sie überschreitet nach VAILLANT (1955) nicht die Dicke von 2 mm — nehmen Trockenheit und Regenfall leicht Einfluß auf die Abgrenzbarkeit des Biotops (POPHAM 1952), dessen hervorstechendste Eigenschaften sein hoher Sauerstoffgehalt sowie seine Wasserreinheit (THIENEMANN 1909) sind.

Eine zusammenfassende Arbeit über den hygropetrischen Lebensraum stammt von VAILLANT (1955). Er nennt ihn jedoch „madicol" und unterscheidet je nach dem Untergrund „petrimadicole", limimadicole" und „bryomadicole" Stellen. Sie können auch über künstlichem Substrat, z. B. Beton oder Ziegel, entstehen.

Die Vegetation hygropetrischer Stellen ist arm an makroskopischen Elementen (THIENEMANN 1909) und setzt sich hauptsächlich aus Diatomeen und krustenbildenden Blaualgen zusammen (VAILLANT, 1955, gibt Artenlisten). Eine Aufzählung hygropetrischer Tiere findet man bei MARLIER (1951), einen Überblick über die gesamte Fauna bei BERTRAND (1948) und VAILLANT (1955). Letzterer verwendet die Bezeichnung „madicole Fauna". Den Hauptanteil haben an ihr Insekten, vor allem Dipteren. Als nächstwichtige Gruppe folgen Trichopteren: Beraeidae, Psychomyidae und Hydroptilidae.

Ich übernahm die Bezeichnungen VAILLANTS nicht, weil sie für die hier untersuchten Trichopteren zu wenig Bedeutung haben.

II. Beobachtungen im Gebiet von Lunz am See/Niederösterreich

Abb. 1, 2 und 3 zeigen die Lage der Beobachtungsstellen in der Lunzer Umgebung, ihre Einordnung in das Gelände und ihre Ausmaße. Alle schließen sich entweder direkt an Quellen an oder sind in kleine Quellgräben eingeschaltet.

A) Arbeitsmethoden

Zur Messung der Fließgeschwindigkeit wurde ein mit Silber-Malfarbe getränkter Pinsel mit der Spitze in den Wasserfilm gesetzt und die Zeit, welche die Farbe zum Durchlaufen einer abgemessenen Strecke brauchte, mit der Stoppuhr festgestellt. Auch Stromfäden und Wirbel wurden durch Eintropfen von Silberfarbe sichtbar gemacht.

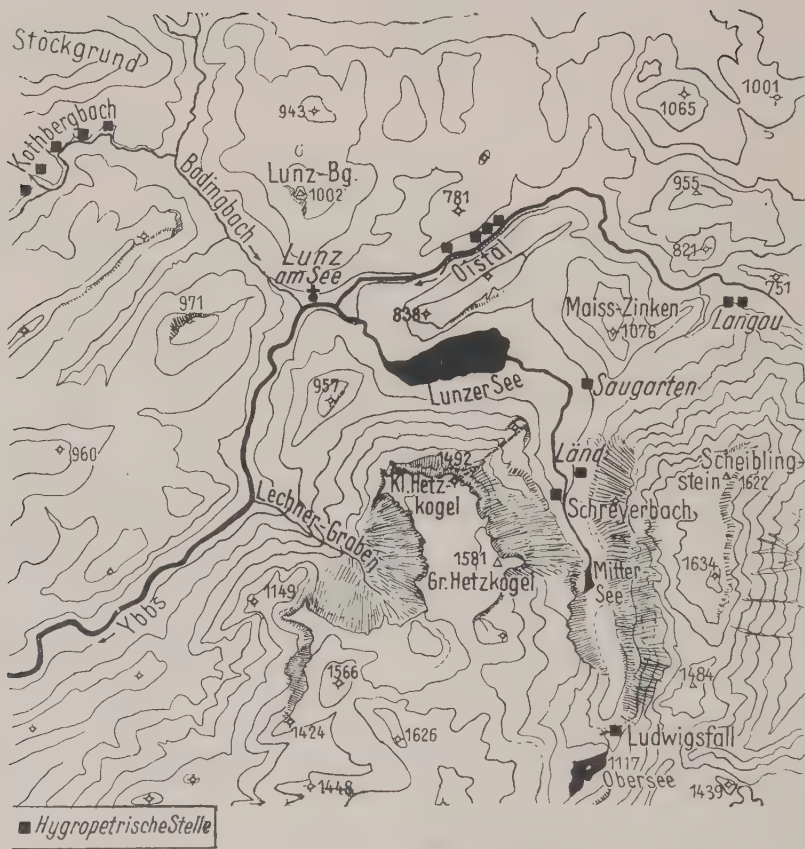


Abb. 1. Hygropetrische Stellen in der Umgebung von Lunz am See.

Zur Messung der Filmdicke dienten zwei Verfahren:

1. wurde eine Metallrinne mit viereckigem Querschnitt und einer Breite von 2 cm an einer Stelle mit bekannter Fließgeschwindigkeit (n · cm/sec) aufgesetzt und das Wasser in einen Meßzylinder abgeleitet. Die Wassermenge pro Sekunde (m · cc/sec) wurde über eine Grundfläche von 2 cm · n · cm/sec verteilt gedacht und ihre Höhe (x) errechnet:

$$\text{Filmdicke} = x = \frac{m \cdot \text{cc/sec}}{2\ \text{cm} \cdot n \cdot \text{cm/sec}}$$

2. ergab sich die Filmdicke x nach Scharfeinstellung eines Mikroskops auf die Wasseroberfläche und auf den Untergrund aus der Formel: $x = \sin \alpha \cdot c$; (c = der durch Drehung der Mikrometerschraube gewonnene Wert, α = Winkel zwischen Mikroskoptubus und Untergrund).

Die Temperatur wurde durch Maximum-Minimumthermometer und durch Abtasten der hygropetrischen Stelle mit einem elektrischen Widerstand (NTC-Thermistor[1]), Type 83903, jetzt B 8320 05/P/1K, 1000–1500 Ohm bei 20 °C, erhältlich bei Phillips) gemessen.

Die Auslage der hygropetrischen Stellen und die Dauer ihrer möglichen Besonnung wurden mit dem Horizontoskop von TONNE[1]) festgestellt.

[1]) Für Hinweise und Überlassung dieser Apparate bin ich Herrn Dr. F. SAUBERER, (†), Wien, zu großem Dank verpflichtet.

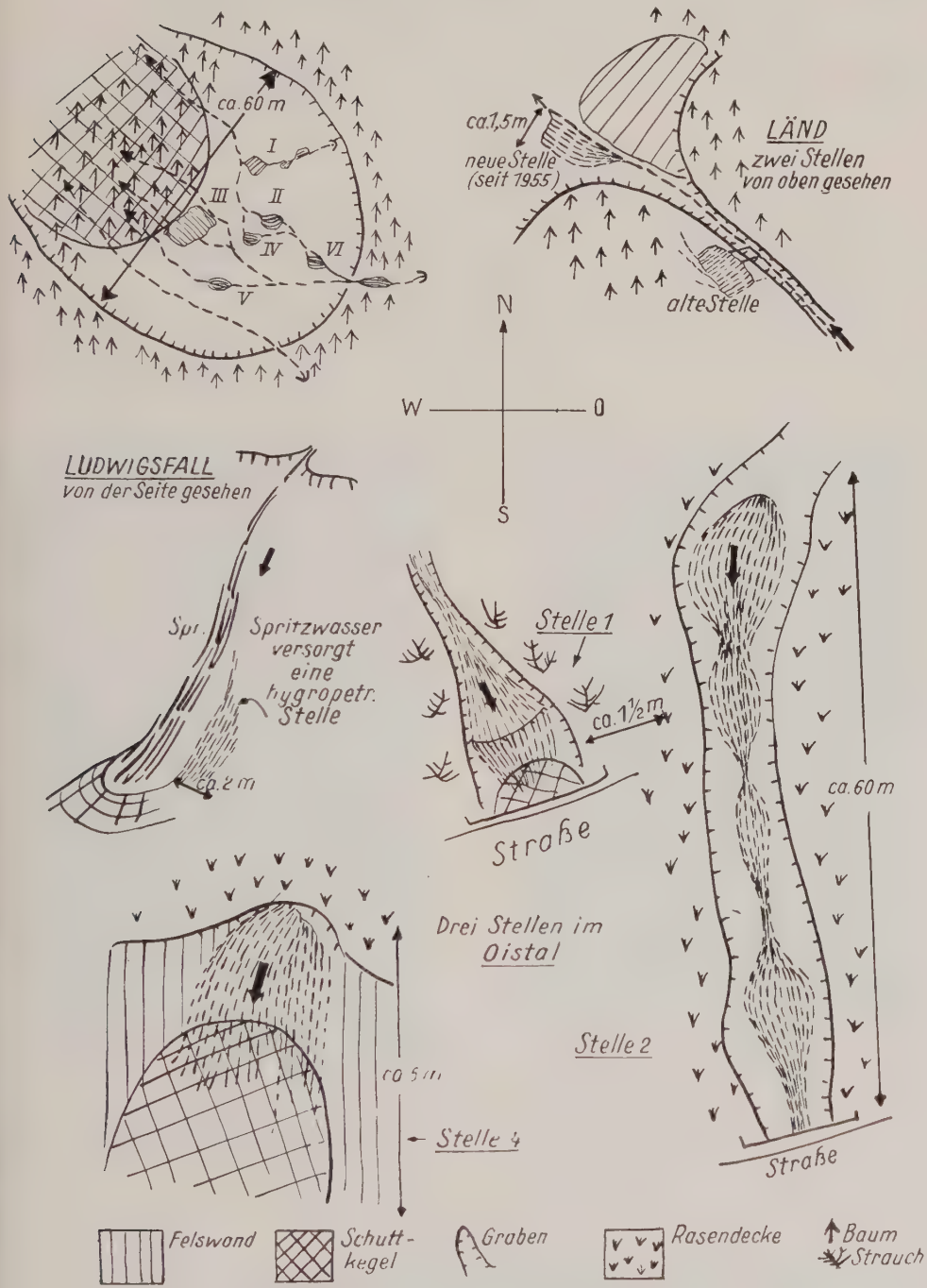


Abb. 2. Die Einordnung verschiedener hygropetrischer Stellen in das Gelände. Die Skizze links oben zeigt die Stelle im Saugarten von oben gesehen.

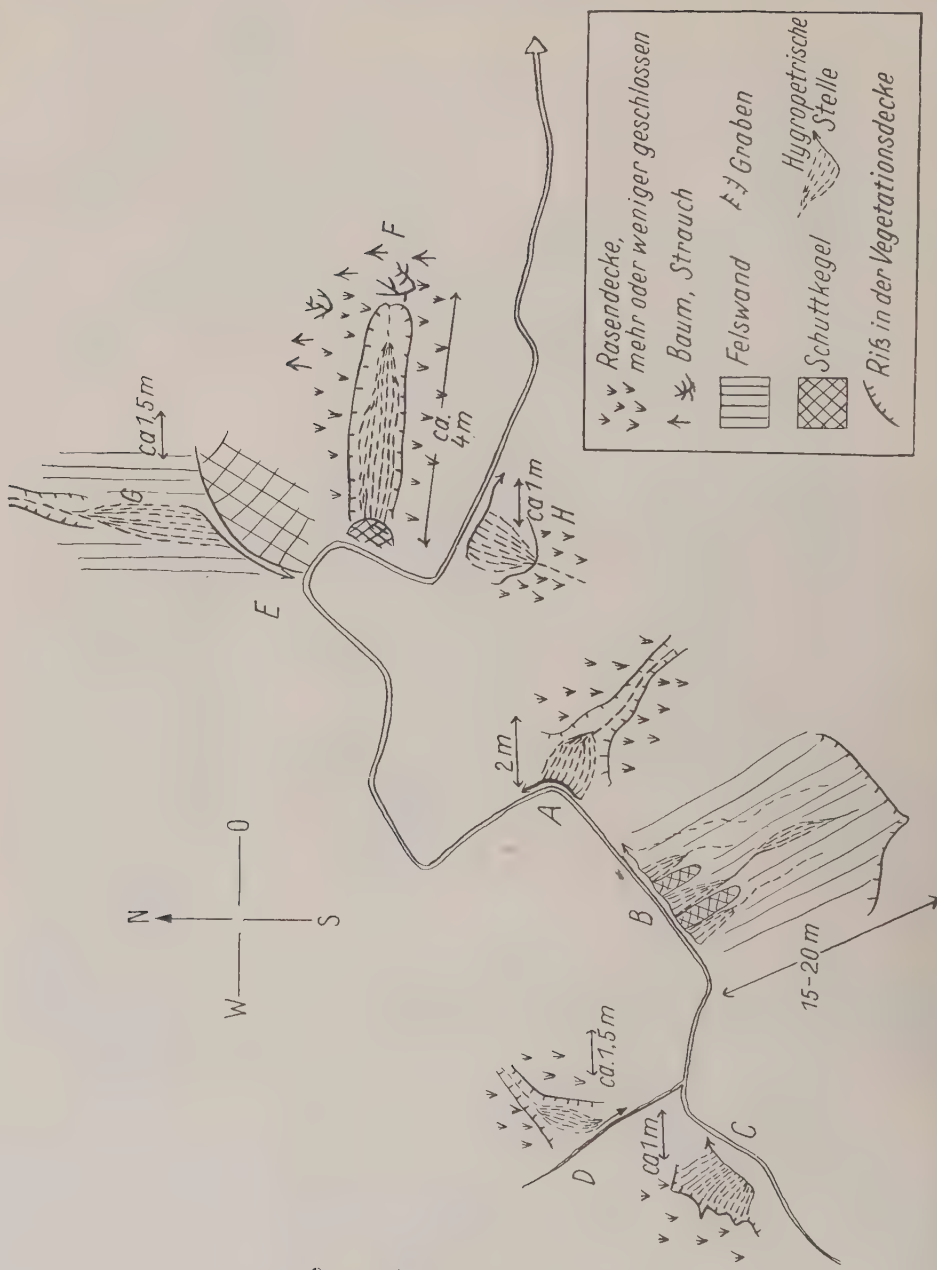


Abb. 3.
Hygropetrische Stellen im Stockgrund. Die nach Osten weisende Doppellinie stellt den Kothbergbach dar.

B) Beschaffenheit und Hydrographie der hygropetrischen Biotope

Abkürzungen für verschiedene Stellen, vgl. Karte, Abb. 1:
Sg. = Saugarten, Ld. = Länd, St. = Stockgrund, 0. = Oistal, Lg. = Langau, Lf. = Ludwigsfall, Sch. = Schreyerbach.

1. Begrenzung der Stellen und Vegetationsfärbung

Besonders zur Zeit der Schneeschmelze und bei Regen ist es schwierig, den hygropetrischen Biotop gegen den terrestrischen abzugrenzen. Längere Beobachtung lehrt aber, daß bei genügender Belichtung die Vegetationsfärbung den hygropetrischen Bereich deutlich sichtbar macht. In diesem Fall sind die immer berieselten Teile hell ocker gefärbt, solche dagegen, die hauptsächlich durch Kapillarität feucht gehalten werden und als Randgebiete zeitweise austrocknen, grauschwarz (z. B.: Sg. I, Sg. II, Sg. III, Sg. IV, 0.2, s. Abb. 4 und 5).

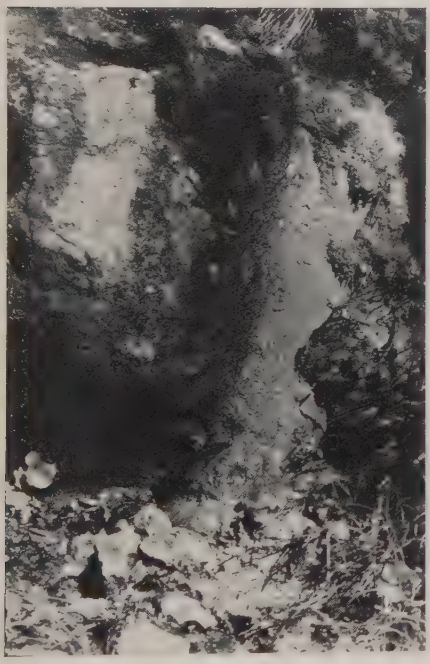


Abb. 4. Saugarten I: Deutlicher Unterschied zwischen der ockerfarbenen, immer überrieselten Zone (rechts, hell) und der manchmal austrocknenden (Mitte, dunkel). Natürliche Höhe der Stelle 1,20 m.

Abb. 5. Saugarten VI: Eine körnige Kalksinterkruste gleicht das Relief des Untergrundes aus. Partien mit dünner Wasserhaut dunkler.
Natürliche Höhe der Stelle 60 cm.

2. Untergrund

Dieser besteht an gut belichteten Stellen fast immer aus einer Kalksinterkruste (z. B.: Sg. I, Sg. II, Sg. III, Sg. IV, 0.2, 0.3, 0.4, St. A, St. B, Lf.). Schattenstellen neigen dagegen zur Bildung einer nur dünnen, unzusammenhängenden Sediment-

schicht und erwecken dadurch den Eindruck, frisch entstanden zu sein. Dem widerspricht aber in allen Fällen die düster braungrüne Vegetationsfärbung und das Fehlen von Gesteinsschutt. Man kann daraus schließen, daß Belichtung, Temperaturgang des Wassers und Vegetation bei der Kalkkrustenbildung eine wichtige Rolle spielen (z. B.: Ld., 0.1, St. F, Sch.).

3. Fließgeschwindigkeit und Filmdicke

Die Fließgeschwindigkeit nimmt gegen den Rand einer hygropetrischen Stelle immer mehr ab; Messungen ergaben Werte von 2 cm bis 56 cm/sec.

Durchschnittswerte der Filmdicke über 40 cm² Fläche zeigt Tab. 1, ihre Abnahme gegen die Randzone Tab. 2.

Tabelle 1. Durchschnittswerte der Filmdicke bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten

Fließgeschwindigkeit cm/sec	Filmdicke mm	Fließgeschwindigkeit cm/sec	Filmdicke mm
40	2	19	0,2
37	1	17	0,2
30	0,4	17	0,4
28	0,3	14	1,0
27	0,5	12	0,6
26	1,0	11	0,4
25	0,6	10	0,2
24	0,6	6	0,1
23	0,5	2	Kein Wasser auffangbar
21	0,8	2,5	Kein Wasser auffangbar

Tabelle 2. Abnahme der Filmdicke von der Mitte zum Rand

Stelle	Filmdicke Mitte mm	Filmdicke Rand mm
Sg. III	0,7	0,2
Sg. III	1,0	0,6
Sg. I	1,0	0,2
Sg. II	0,6	0,2

Man kann im allgemeinen eine Zunahme der Fließgeschwindigkeit mit der Filmdicke feststellen, jedoch keine Kurve zeichnen. Für die Randzone ist typisch, daß sich die Wasserbewegung nur mehr durch Eintropfen von Farbe sichtbar machen läßt (ab 5 cm/sec).

Ein auffälliges Merkmal der untersuchten Stellen ist ihre Konstanz der Wasserführung. Regen und Trockenheit rufen nur Schwankungen von Zehntelmillimetern hervor: Tab. 3.

Tabelle 3. Veränderung der Filmdicke durch Trocken- und Regenwetter

	Filmdicke	
	bei Trockenwetter mm	nach Regen mm
Sg. I	0,5	0,5
Sg. II	0,4	0,6
Sg. III	0,6	0,4

An Stelle Sg. I und Sg. II wurden die Schwankungen einen längeren Zeitraum hindurch registriert: Tab. 4.

Tabelle 4. Zeitliche Schwankungen der Filmdicke

Datum	Wetter	Sg. I mm	Sg. II mm
17. VII.	Trockenwetter	0,3	0,3
20. VII.	Nach 2 Tagen Regen	0,3	0,5
23. VII.	Nach 5 Tagen Regen	10—15	Sturzbach[1])
25. VII.	Wasserstand normalisiert		
6. VIII.	Trockenwetter	0,1	0,1
12. VIII.	Trockenwetter	0,1	0,3

[1]) Die starke Überflutung setzte während einer allgemeinen Hochwasserkatastrophe ein. Trotzdem blieben die Stellen gut begrenzt. Die Dichte der Bewohnerschaft hatte sich nach Rückgang des Wassers vermindert, doch fehlte keines der vorher beobachteten Elemente.

4. Wirkung der Insolation

Die meisten Stellen sind tagsüber stark besonnt und zeigen hohe Wassertemperaturen. Zur Messung des Tagesganges der Temperatur wurde im Sommer ein Extremthermometer in Sg. III eingebaut: Tab. 5.

Es ergibt sich, daß der Temperaturgang des Wassers viel gemäßigter ist als der der Luft. Beim Vergleich der Maxima muß man jedoch ihre zeitliche, durch die Exposition der Stelle nach NW hervorgerufene Verschiebung beachten: Höchsttemperatur der Luft gegen 13 Uhr, des Wassers erst am späteren Nachmittag.

Sehr empfindlich reagiert die Wassertemperatur auf Besonnung, Wolkendurchzug und Wind; Tab. 6.

Tabelle 5. Maxima und Minima der Luft- und Wassertemperatur an Sg. III 23. Juli bis 23. August[1] Exposition nach NW

Datum	Luft, 2 m ü. d. Stelle			Wasser		
	Max. °C	Min. °C	Diff. °C	Max. °C	Min. °C	Diff. °C
23. VII.	18,6	7,0	11,6	9,5	7,9	1,6
24.	11,3	6,3	5,0	7,2	6,5	0,7
25.	10,9	7,0	**3,9**	6,2	5,9	**0,3**
26.	19,7	14,0	5,1	7,9	7,2	0,7
27.	22,6	4,5	18,1	13,8	**5,0**	8,8
28.	20,0	6,5	13,5	14,7	5,8	8,9
29.	**22,7**	7,8	14,9	17,2	6,4	10,8
30.	18,2	9,9	8,3	12,4	6,9	5,5
31.	14,0	7,7	6,3	9,8	6,9	2,9
1. VIII.	13,9	5,0	8,9	9,1	6,8	2,3
2.	17,3	4,4	12,9	13,2	5,5	7,7
3.	17,0	6,4	10,6	11,6	6,3	5,3
4.	14,9	4,9	10,0	16,1	6,9	9,2
5.	12,4	4,8	7,6	11,5	5,8	5,7
6.	18,6	5,7	12,9	17,4	6,1	11,3
7.	17,5	6,0	11,5	13,5	6,8	6,7
8.	17,2	6,3	10,9	20,5	7,8	12,7
9.	19,6	5,2	14,4	20,4	7,9	12,5
10.	22,6	4,0	**18,6**	**21,0**	5,5	**15,5**
11.	15,8	2,6	13,2	15,8	6,5	8,3
12.	12,8	8,0	4,8	13,1	9,2	3,9
13.	18,8	3,1	15,7	14,8	6,8	8,0
14.	20,8	4,3	16,5	14,6	6,0	8,6
15.	15,5	2,9	12,6	17,3	6,4	10,9
16.	19,5	2,8	16,7	18,6	6,8	11,8
17.	20,6	9,5	11,1	16,9	8,8	8,1
18.	21,7	8,8	12,9	18,9	9,2	9,7
19.	16,9	9,9	7,0	13,6	9,8	3,8
20.	21,4	6,3	15,1	20,1	8,0	12,1
21.	18,1	9,5	8,6	16,0	10,1	5,9
22.	16,2	**1,4**	14,8	16,2	8,1	8,1
23.	14,6	6,7	7,9	14,1	7,8	6,3
Mittel	17,5	6,4	11,3	14,4	7,1	6,9

[1]) Fett die absoluten Maxima und Minima, die größten und kleinsten Differenzen.

Tabelle 6. Reaktion der Wassertemperatur auf unterschiedliche Besonnung und Wind während eines Sommertages, Sg. I, Sg. II, Sg. VI

Zeit	Luft		Wasser		
	20 cm über dem Boden	2,5 m über dem Boden	Stellen mit Insolation		Stelle im Schatten
			Sg. I	Sg. II	Sg. VI
	°C	°C	°C	°C	°C
10.45	20,0	16,4	18,6[1])	13,0[2])	10,6
11.15	21,3	18,0	20,4	14,4	12,0
11.45	20,8	18,9	24,6	15,1[4])	13,2
12.15	23,8	20,0[3])	24,6	19,0	13,3
12.45	25,0	20,4	24,9	19,9	14,3
13.15	24,2	20,4	24,0	19,8	11,8
13.45	20,8	18,0[5])	20,0	20,2	12,5
14.15	21,7	17,6	20,8	21,3	13,5
14.45	21,1	18,3	23,3	21,4	15,0
15.15	21,5	18,6	25,6	24,6	14,8
15.45	20,2	18,0	25,1	24,0	15,7
16.15	21,3	18,5	26,0[6])	24,6	17,1
16.45	23,0	17,5	23,9	23,5	16,0
17.15	20,2	18,3	21,4	22,9	19,2[7])
17.45	18,4	15,0	20,2	20,9	14,7
18.15	18,6	15,4	18,7	21,7	14,8

1) Die direkte Sonnenbestrahlung hat um 10.45^h auf Sg. I bereits eingesetzt.
2) Sg. II liegt zur selben Zeit noch im Schatten.
3) Die Windstille wird über Mittag von leichtem Wind abgelöst.
4) Auf Sg. II setzt direkte Sonnenbestrahlung ein.
5) Wolken ziehen auf und verdecken bis 15^h die Sonne.
6) Die Sonnenstrahlen treffen fast senkrecht auf Sg. I.
7) Auf der bisher schattigen Stelle liegen kleine Lichtflecke.

Tabelle 7. Wassertemperatur bei verschiedenen Filmdicken

Stelle	Mitte der Stelle Filmdicke: 0,2—0,5 mm °C	Randzone F.: 0,2 mm °C	Randzone F.: 0,1 mm °C
Sg. I, Zeit: 14.45	22,3	26,1	23,9
Sg. II, Zeit: 15.45	24,0	24,9	

Es war zu vermuten, daß sich die Wasserhaut um so stärker erwärmt, je dünner sie ist. Folgende Werte (Tab. 7) weisen aber darauf hin, daß die Verdunstung bei geringen Filmdicken sogar eine Abkühlung hervorruft.

Den hohen Sommertemperaturen der hygropetrischen Stellen entsprechen tiefe Wintertemperaturen von 0,5 °C aufwärts. Sehr wichtig ist, daß keine Stelle jemals völlig zufriert. Bei starker Kälte sind die Flächen mit einem bis 0,6 m dicken Eispanzer überzogen, darunter fließt das Wasser aber weiter (Abb. 6).

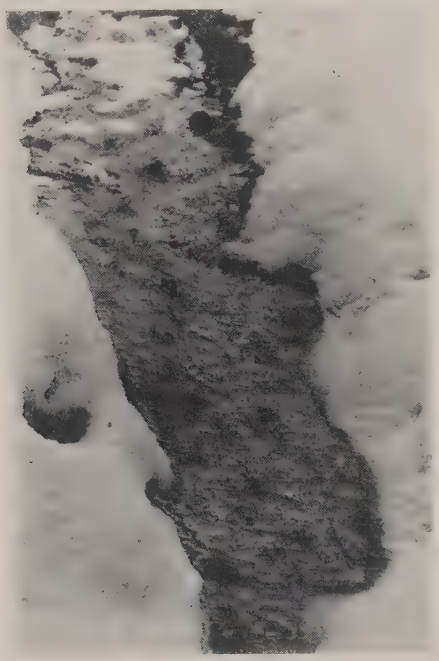


Abb. 6. Stockgrund: Eine der hygropetrischen Stellen im Winter. Dünne Eiskruste über dem immer berieselten Teil.

5. Beschaffenheit des Wassers

Alle Stellen werden von klarem Wasser überflossen. Erst wenn man Proben zentrifugiert, kann man Schwebstoffe daraus nachweisen, z. B. Reste von pflanzlichem Gewebe, leere Diatomeenschalen, flockenförmige Kolonien von sehr kleinen Blaualgen, encystierte Rädertiere, Flagellaten, Kalkkristalle und Humusteilchen.

Der p_H-Wert des Wassers schwankt an allen Stellen zwischen 7 und 8 (festgestellt mit Merck-Universalindikator). Tab. 8. zeigt die hohen Sauerstoffwerte.

Tabelle 8. Temperatur und Sauerstoffgehalt des hygropetrischen Wasserfilms

Stelle	Temp. des Wassers °C	mg O_2/l	Sättigung %
Sg. I	6,4	11,3	94
	6,6	11,4	105
	7,2	11,5	109
Sg. III	5,7	11,1	102
	5,7	11,7	106
	6,1	11,7	107

6. Vegetation

Die hygropetrischen Zonen zeigten an besonnten Stellen ockergelbe und schwarzgraue Sinterkrusten[1]), deren Zusammensetzung[2]) an Sg. I und Sg. II untersucht wurde: Tab. 9.

Tabelle 9. Zusammensetzung der Sinterkrustenvegetation an Sg. I und Sg. II

Mittelzone, ocker, nie austrocknend oder ausfrierend	Randzone, schwarzgrau, manchmal trocken oder ausfrierend
Oberschicht: Massenhaft Diatomeen	
Unterschicht: *Schizothrix, Dichothrix,* Vereinzelt Fäden von *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia*	*Scytonema myochrous, Gloeocapsa sanguinea status alpinus* Diatomeen

III. Biologie und Ökologie von *Stactobia* und *Tinodes*

In Lunz treten von *Stactobia* (Hydroptilidae) und *Tinodes* (Psychomyidae) folgende Arten auf: *St. eatoniella* M.L. (= *St. oredonensis* Mos. = *St. eatoniella* Klap.), *St. fuscicornis* Schneider, *T. zelleri* M.L. (?), *T. assimilis* M.L. (?), *T. aureola* Zett. (?)[3]).

A. Stactobia

Die Larven der Hydroptiliden nehmen in Bezug auf Lebensweise und Bauinstinkt — erst das 5. Stadium lebt beköchert — eine Sonderstellung ein (Wesenberg-Lund, 1943). Mit der äußeren Beschreibung der Arten von *Stactobia* beschäftigten sich Siltala (1907), Ulmer (1951) und Vaillant (1951). Über die Biologie der Hydroptiliden berichten Siltala (1906—08), Thienemann (1905) und Nielsen (1948), über die Ökologie Thienemann (1905), Steinmann (1907) und besonders Vaillant (1955). Thienemann stellte (1909) fest, daß die Fauna hygropetrica eine einheitliche echte Biocönose und *Stactobia* eine ihrer Leitformen sei.

Zur Methode: Die Larven wurden gehalten: a) in offenen Petrischalen, deren Boden mit hygropetrischen Sinterkrusten ausgelegt war, b) In offenen Plexiglaskästen (25 × 25 cm), die durch Zwischenwände in Zellen zu je 25 cm² untergeteilt waren (Untergrund wie oben; Löcher in den Außen und Zwischenwänden ermöglichten das Durchfließen des Wassers, sowie die Regulierung auf eine dünne Wasserschicht), c) frei, auf künstlich überrieselten Steinen, d) Auf etwa 25 cm² großen Sinterstücken, die, in eine Wachsrinne eingegossen, von einer dünnen Wasserschicht überspült wurden: die glatte Wachsfläche verhinderte die Tiere am Wandern, so daß sie gut kontrolliert werden konnten; am Ende der Rinne fing ein Netz aus Müllergaze die ausgeschwemmten Larven auf.

Eier wurden in bedeckten Uhrgläsern gehalten, Puppen in bedeckten, nur feuchten Petrischalen.

Zur Markierung der Larvenköcher diente weißer Gummilack.

---

[1]) Auch Jaag 1945 unterscheidet in seiner Artenliste für die hygropetrische Vegetation Arten, welche Insolation oder Schatten bevorzugen, darunter wieder solche, die an dauernd berieselten oder an zeitweise austrocknenden Standorten vorkommen.

[2]) Ich möchte hier Frau Dr. E. Kann für die Bestimmung der Algen bestens danken.

[3]) (?) deshalb, weil es mir nicht möglich war, die Larven vollkommen sicher zu bestimmen.

1. Die Larve

a) Larvenstadien

Durch Vergleich von Totalpräparaten und durch Aufzucht (allerdings nur ausschnittweise) konnte ich bei *Stactobia* die für Trichopteren charakteristischen 5 Larvenstadien unterscheiden.

Eine sofortige Häutung der Larvulae nach dem Schlüpfen wurde nicht beobachtet. Die Larven legten den Köcher ausnahmslos erst im fünften Stadium an, nicht bereits im vierten, wie SILTALA (1907) gesehen zu haben glaubt.

Die unterscheidenden Merkmale sind bei beiden Arten durch Klauenform und Beborstung gegeben; das Borstenkleid der Larvula bleibt in allen Stadien als Grundschema erhalten.

Schlüssel zur Bestimmung der Larvenstadien von *St. eatoniella* und *St. fuscicornis*:

1a) Innenkanten der Klauen mit Borstenkämmchen (Abb. 7a) . . . *St. eatoniella* und *St. fuscicornis*, 1. Std. (Abb. 8a)

b) Basis der Klauen mit Dorn oder zwei Spornen (Abb. 7b, c), mit und ohne Köcher 2

2a) Vorderrand des Pronotums mit 6 Borsten. Klauenbasis mit 2 Spornen. Kein Köcher . . . *St. eatoniella* und *St. fuscicornis*, 2. Std. (Abb. 7b, 8a)

b) Vorderrand des Pronotums mit mehr Borsten. Mit od. ohne Köcher 3

3a) Vorderrand des Pronotums mit 14—16, des Mesonotums mit 10—14, des Metanotums mit 10—16 kurzen Borsten, Klauenbasis mit 2 Spornen. Kein Köcher 4

b) Vorderränder der Thorakalnota mit mehr Borsten 5

4a) Auf der hinteren Hälfte der Pronotumfläche folgen von der Mittellinie nach dem Seitenrand: 1 kurze Borste, 1 mittlere starke Borste, die von einer sehr dünnen Haarborste begleitet ist, 1 mittlere starke Borste nahe dem Rand. Hinterrand jedes Abdominalsegmentes mit 2 langen starken und 2 kurzen starken Borsten zwischen den sehr langen dicken Eckborsten. Kein Köcher . . . *St. eatoniella*, 3. Std. (Abb. 8b)

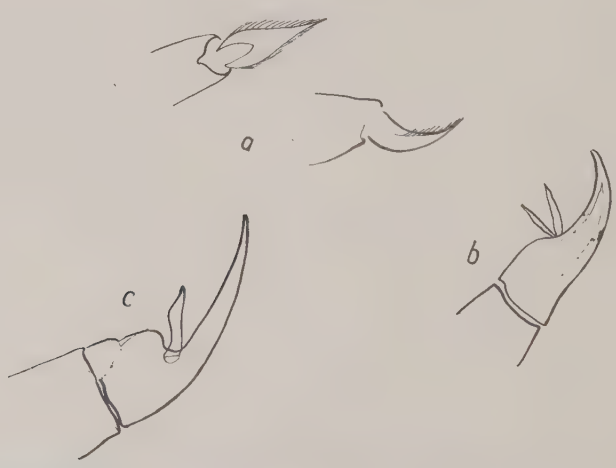


Abb. 7. Klauenformen verschiedener Larvenstadien von *Stactobia eatoniella* und *St. fuscicornis*. *a* 1. Stadium; *b* 2., 3., 4. Stadium; *c* 5. Stadium.

b) Auf der hinteren Hälfte der Pronotumfläche folgen von der Mittellinie nach dem Seitenrand: 1 mittlere starke Borste, die von einer sehr dünnen Haarborste begleitet ist, 1 mittlere starke Borste nahe dem Rand. Hinterrand jedes Abdominalsegmentes mit 2 starken Borsten zwischen den sehr langen und dicken Eckborsten. Kein Köcher . . . *St. fuscicornis*, 3. Std. (Abb. 8b)

5a) Vorderrand des Pronotums mit 22—26, des Mesonotums mit 18—24, des Metanotums mit 16—22 kurzen Borsten. Abdominalsegmente ganz chitinisiert, Klauenbasis mit 2 Spornen, kein Köcher 6

b) Vorderrand des Pronotums mit 28—38, des Mesonotums mit 28—36, des Metanotums mit 28—34 kurzen Borsten. Abdominalsegmente tragen nur Chitinschildchen. Klauenbasis mit Dorn, mit oder ohne Köcher 7

6 a) Hinterrand jedes Abdominalsegmentes mit 2 starken langen und 2 starken kurzen Borsten zwischen den sehr langen und dicken Eckborsten . . . *St. eatoniella*, 4. Std. (Abb. 8c)

b) Hinterrand jedes Abdominalsegmentes mit 2 starken Borsten zwischen den sehr langen und dicken Eckborsten . . . . . *St. fuscicornis*, 4. Std. (Abb. 8c)

7a) Chitinschildchen des 1. Abdominalsegmentes ungeteilt, jedes folgende Schildchen mit 6 langen Borsten. Auf den Strikturen, parallel zu diesen, 2 Chitinspangen. Köcher kann in den ersten 3 Tagen nach dem Schlüpfen fehlen. Wenn vorhanden, ganz mit Sandkörnern belegt, mit ungefähr rundem Querschnitt . . . . . *St. eatoniella*, 5. Std. (Abb. 8d)[1]).

b) Chitinschildchen des 1. Abdominalsegmentes dreigeteilt, dieses und jedes folgende Schildchen mit 4 langen Borsten. Köcher nur dorsal mit Sandkörnchen belegt, mit ungefähr fünfeckigem Querschnitt . . . . . *St. fuscicornis*, 5. Std. (Abb. 8d)[1])

Messungen an verschieden alten Larven zeigen den stärksten Schub des Längenwachstums im 5. Stadium. Es wächst dabei besonders das Abdomen in die Länge und Breite.

Daß der Lebensraum die Körperlänge der Tiere beeinflussen kann, scheint durch das Beispiel von *St. eatoniella* bestätigt Tab. 10:

Tabelle 10. Körperlänge von *St. eatoniella* — Larven an zwei benachbarten Stellen im Oistal

Stadium	Stelle 0.1 Halbschatten, Insolation ganzjährig, täglich 1—3 Stunden, wenig Detritus[1]), Wasserstand mit stärkeren Schwankungen	Stelle 0.2 Insolation direkt, ganzjährig, 4—8 Stunden täglich, viel Detritus, geringe Wasserstandsschwankungen	Durchschnittliche Länge der Larven anderer Stellen
	Länge der Larven in mm	Länge der Larven in mm	mm
1	0,4—0,6	—	0,4—0,6
2	0,8—1,0	—	0,6—1,0
3	0,8—1,8	1,2—1,3	0,7—1,3
4	0,9—1,8	1,0—1,5	0,9—1,8
5	1,3—2,4	1,5—1,9	1,3—2,5

[1]) *Stactobia* ist nach VAILLANT (1955) phytosaprophag.

[1]) Die hier getroffene Unterscheidung wurde aus dem Bestimmungsschlüssel von VAILLANT (1951) übernommen. Eine Beschreibung der Köcher findet man auch bei ROUSSEAU-LESTAGE (1921).

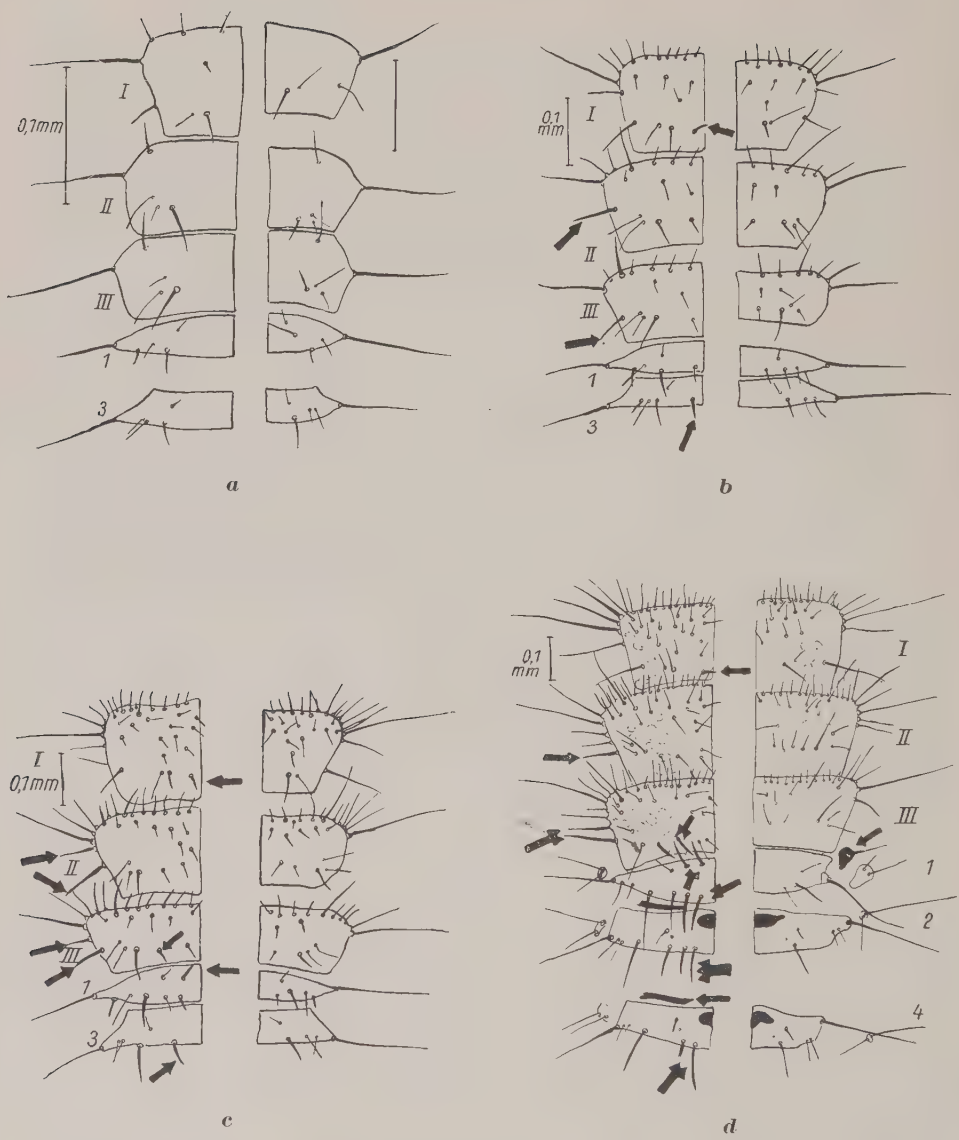


Abb. 8. Unterscheidende Merkmale der verschiedenen Larvenstadien sowie der beiden Arten von *Stactobia*. *a* 1. (rechts) und 2. (links) Larvenstadium von *Stactobia eatoniella* oder *St. fuscicornis*. I, II, III Thorakalsegmente; 1, 3 Abdominalsegmente;

b 3. Larvenstadium von *St. eatoniella* (links) und *St. fuscicornis* (rechts). Pfeile weisen auf die charakteristischen Unterschiede;

c 4. Larvenstadium von *St. eatoniella* (links) und *St. fuscicornis* (rechts);

d 5. Larvenstadium von *St. eatoniella* (*links*) und *St. fuscicornis* (rechts)

Stelle 0.2 scheint günstigere Lebensbedingungen für *Stactobia* zu bieten und ist 10 Monate im Jahr dicht mit Larven besetzt. 0.1 ist nur 8 Monate lang dicht besiedelt. Vielleicht läßt sich der Größenunterschied so erklären, daß die Gunst des Lebensraumes die Stadienfolge antreibt und den Tieren damit wenig Zeit für das Längenwachstum bleibt.

b) Köcherbau

Die Gattung *Stactobia* baut einen einfachen tonnenförmigen Köcher; *St. fuscicornis* fertigt ihn sofort nach Erreichung des fünften Stadiums an, *St. eatoniella* wartet mit dem Bau manchmal bis zu vier Tagen.

Nielsen (1948) vergleicht den Köcher von *Stactobia* mit dem von *Orthotrichia* und schließt daraus, daß er auf dieselbe Weise entsteht wie bei dieser. Ich kann seine Vermutung bestätigen. Wie *Orthotrichia* legt die Larve zunächst einen Startring an, welcher verankert ist und aufrecht auf der Unterlage steht. Dann wird nach beiden Seiten zugebaut, die Haltefäden reißen nach vollendetem Werk von selbst durch. *St. eatoniella* braucht durchschnittlich 4 bis 5, *St. fuscicornis* 9 Stunden zur Fertigstellung des Köchers (Abb. 9). Dieser ist nun manschettenförmig und 0,4 bis 0,5 mm lang. Ober- und Unterseite sind festgelegt, nicht aber Vorder- und Hinterende. Der junge Köcher bildet mit der Zeit das Mittelstück des ausgewachsenen, dessen Länge 1,8 bis 2,2 mm beträgt. Erst am 5. oder 6. Tag wird die Tonnenform deutlich. Der Zuwachs geht bei *St. eatoniella* 23 Tage lang ruckweise um 0,1 bis 0,2 mm vor sich, bei *St. fuscicornis* gleichmäßiger um denselben Betrag 7 Tage lang, bis zur Endlänge.

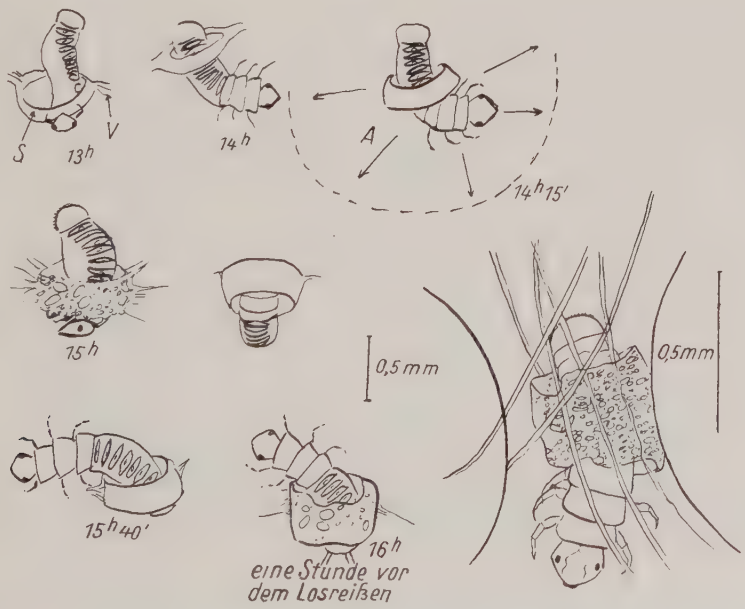


Abb. 9. *Stactobia eatoniella* beim Köcherbau. *S* Startring; *V* Verankerungsfäden; *A* Aktionsradius. Rechts unten eine Larve mit eben angefertigtem Köcher in einer Rinne zwischen zwei *Rivularia*-Polstern. Bodenvertiefungen werden von den Larven gerne zum Köcherbau aufgesucht.

Da sich die Köcher, besonders jene von *St. fuscicornis*, leicht an der Bauchnaht aufschlitzen lassen, darf man eine Erweiterung nach Art von *Hydroptila*, *Agraylea* und *Orthotrichia* (NIELSEN 1948) annehmen, welche die Naht teilweise öffnen und an den getrennten Rändern dazuspinnen. Ich selbst machte darüber keine Beobachtungen.

Die Farbe der Köcher korrespondiert bei beiden Arten mit der des Untergrundes, bei *St. eatoniella* auffällig mit dem Ockerton, der den stets überrieselten Mittelteil der Stelle markiert.

Bei beiden Arten ist der Köcher frei von Aufwuchs, bei Puppen und alten Larven von *St. eatoniella* stark mit Kalk inkrustiert; *St. fuscicornis* verliert dagegen im Alter immer mehr von der Sandauflage, bis fast nur mehr die Form aus Sekret übrigbleibt.

Folgende Tatsachen verdienen besondere Beachtung:

1. Die Larven bauen ihren Köcher nie in stehendem Wasser. Unterbricht man den Wasserstrom in der Beobachtungsrinne, so stellt das Tier seine Arbeit für die Dauer der Unterbrechung ein. Fünfte Larvenstadien von *St. eatoniella* wurden 10 Tage in stehendem Wasser gehalten, ohne daß sie sich bekocherten[1]). Der Grund besteht vielleicht in der Weite des Startringes (er ist zweimal so weit wie das Tier), dem die Larve keinen Widerhalt bieten kann. Das strömende Wasser hingegen bläht ihn auf, was für die Beibehaltung der Form vorteilhaft ist.

2. Der Köcher wird nur einmal im Leben angelegt.

3. *St. eatoniella* baut nicht sofort nach dem Eintritt in das 5. Stadium. Es ergibt sich die Frage, wodurch die Larve nach drei oder vier Tagen dazu angeregt wird.

Vielleicht hängt der Köcherbau mit dem Wachstum des Fettkörpers zusammen, welches dem Abdomen der Larve einen runden Querschnitt gibt. Ich beobachtete, daß die Tiere unbenetzbar sind. Im dünnen Wasserfilm könnte es nun leicht geschehen, daß sie das Oberflächenhäutchen durchbrechen und darin hängen bleiben. Geraten sie dabei in Zonen erhöhter Fließgeschwindigkeit, so würden sie ausgeschwemmt. Bleiben sie am Ort, so könnten die an der Luft austrocknenden Körperteile — das Tier atmet vermutlich mit der Haut — die Atmung erschweren.

Durch den Köcherbau wird diesen Gefahren wirksam begegnet:[2])

1. Der Köcher erhöht das Gewicht der Larve.

2. Durch seinen flachen Boden liegt er dem Untergrund gut auf, die Adhäsionskraft kann auf ihn viel besser wirken als auf ein Tier mit rundem Querschnitt.

3. Er ist benetzbar und daher immer von einem Wasserfilm überzogen.

4. In dem Raum zwischen Köcherinnenwand und Larvenkörper wird stets kapillares Wasser festgehalten, so daß das Tier immer von Feuchtigkeit umgeben ist. Setzt man z. B. bekocherte Larven in eine Lösung von Methylenblau, so färbt sich der Köcher außen blau, die Innenwand bleibt aber weiß. Das kapillare Wasser verhindert den Zutritt der Farblösung.

[1]) Die so behandelten Tiere gingen leider aus der Beobachtungsrinne, in die sie dann gesetzt wurden, verloren, weshalb über ihr weiteres Verhalten keine Aussage gemacht werden kann.

[2]) VAILLANT (1955) kam zu einer ähnlichen Auffassung über die Bedeutung des Köchers. Er sagt, dieser stelle eine Anpassung an die geringe Wasserhautdicke dar, *Stactobia* selbst zeige keine Anpassung der Körperform.

c) Dauer der Larvenstadien

Es gelang nicht, Larven ab ovo aufzuziehen. Immer wurde nur der Übergang von einem Stadium zum nächsten beobachtet.

Die Lebensdauer der Larvula beträgt bei *St. eatoniella* im Mittel 11, bei *St. fuscicornis* 9 Tage. Die Tiere, an denen diese Zahlen gewonnen wurden, lebten allerdings in der Versuchsrinne, in der die täglichen charakteristischen Temperaturschwankungen des natürlichen Biotops fehlten.

Das 5. Larvenstadium dauert erstaunlich lange. Von 14 *St. eatoniella*-Larven, deren Köcher Ende August auf Sg. I mit weißem Gummilack markiert wurden, fanden sich

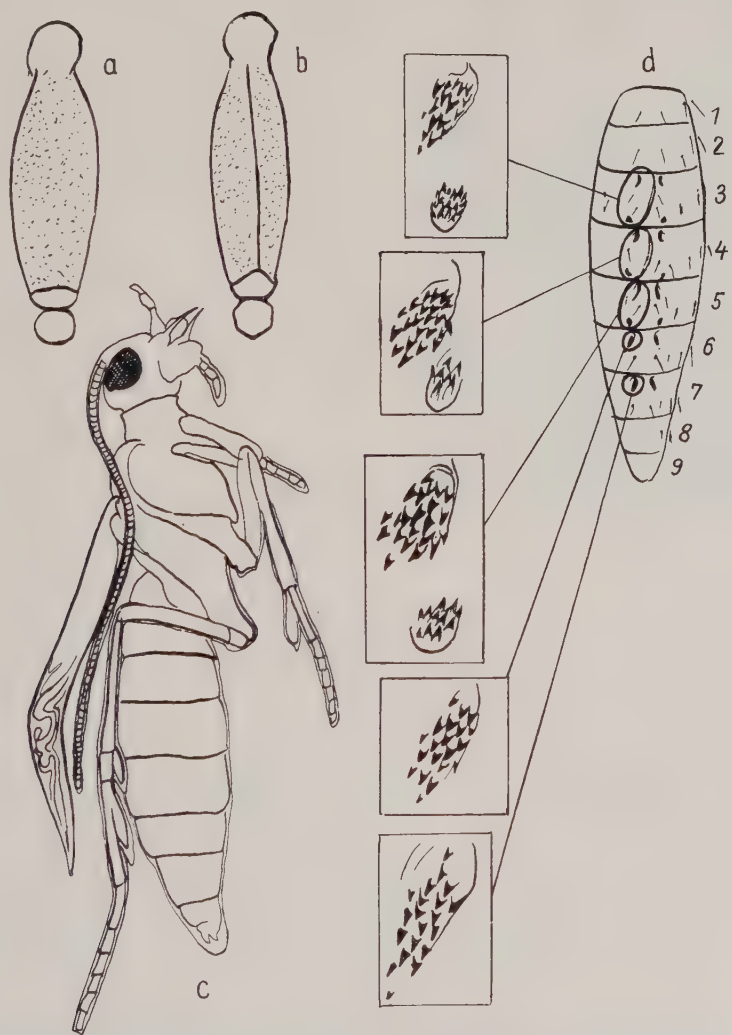


Abb. 10. Puppe und Puppenköcher von *Stactobia*. a, *c St. eatoniella*, Puppenköcher und Puppe; *b St. fuscicornis*, Puppenköcher von dorsal; *d St. sp.*, Abdomen der Puppe mit Chitinplättchen.

am 17. April des folgenden Jahres 3 Exemplare, und zwar im selben Stadium. Ein Tier wurde am 9. Juni als Puppe gefunden und schlüpfte am 12. Juni zur Imago. Somit ist für das 5. Stadium eine Dauer von 9¾ Monaten zu errechnen.

Die Dauer des 2., 3. und 4. Stadiums blieb unbekannt.

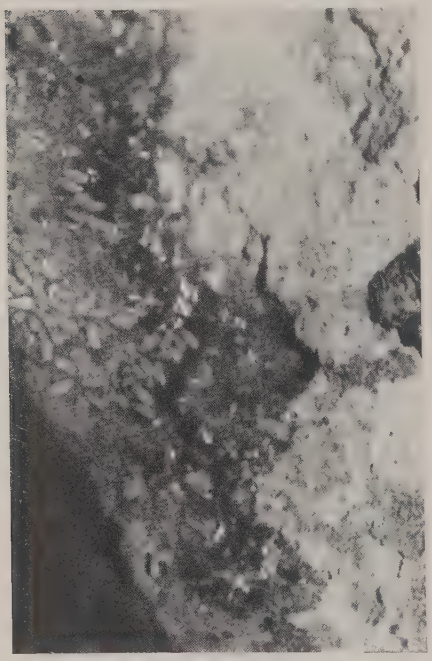


Abb. 11.
Puppennest von *Stactobia eatoniella*.

2. Die Puppe

Zur Verpuppung erweitert und verschließt die Larve den Köcher vorne mit einer Sekretblase und heftet ihn damit an die Unterlage. Die nach unten gerichtete Hinteröffnung erhält einen runden (bei *St. eatoniella*) oder leicht fünfeckigen (bei *St. fuscicornis*) Deckel ohne Sandauflage (Abb. 10), während die Larvenexuvie in der Anhefteblase ihren Platz findet.

Puppen von *St. eatoniella* sitzen in Nestern bis zu 60 Stück (Abb. 11) beisammen, *St. fuscicornis* bildet nur kleine Gruppen von 3 bis 4 Stück.

Die Dauer des Puppenstadiums beträgt bei *St. eatoniella* 13 bis 25 Tage. Die Puppenexuvien hängen nach dem Schlüpfen vor der Öffnung des Köchers oder aus dieser heraus.

3. Die Imago

Imagines wurden nur an hygropetrischen Stellen von Juni bis August beobachtet. Sobald die Sonne die Stelle erreicht, sind Männchen und Weibchen in großer Zahl zu finden. Die Tiere sind schlechte Flieger, leicht zu fangen, und ihre Bewegungen auf der Wasserhaut gleichen einem Hüpfen, Taumeln oder Tanzen. Die Paarung findet in Gefangenschaft sofort statt, wenn der Chitinpanzer ausgehärtet ist. Die Partner wenden dabei einander die Hinterleibsspitzen zu und legen ihre Flügel dachförmig übereinander.

Werden Männchen oder Weibchen trocken gehalten, so stürzen sie sich auf jede Spur von Feuchtigkeit und tauchen ihre Abdomenspitzen ein. Untersuchungen, ob die Weibchen dabei Eier ablegen, verliefen jedoch jedesmal negativ.

4. Die Eier

In der Natur kann man die leuchtend orangeroten Eier nur in verlassenen Puppenköchern, und zwar bis zu 70 (Köcher von *St. eatoniella*) und 50 Stück (Köcher von *St. fuscicornis*), beisammen finden. Sie liegen lose und ohne den Schutz des Köchers würden sie wahrscheinlich sofort ausgeschwemmt. Ihre Schale ist dünn, glatt und durchsichtig, die Länge beträgt 0,18 bis 0,25 mm, die Breite 0,15 bis 0,19 mm.

Um die Eier abzulegen, steckt das Weibchen die Abdomenspitze etwa 5 Minuten lang in eine Köcheröffnung. Da im Ovar eines Tieres bis jetzt nur höchstens 40 Eier

gefunden wurden, legen wahrscheinlich mehrere Weibchen ihren Laich in denselben Köcher ab. Dem entspricht auch, daß die Larvulae nicht zur gleichen Zeit schlüpfen; z. B. erschienen 54 Stück in drei Partien: 18. VI. (10), 19. VI. (34), 20. VI. (10).

Wiederholt geschah es, daß Eier auch von nicht begatteten Weibchen gleich nach dem Schlüpfen abgelegt wurden. Sie entwickelten sich aber nicht und verdarben.

5. Ökologische Untersuchungen

a) Bevorzugung verschiedener Feuchtigkeits- und Fließgeschwindigkeitszonen im Verlauf der Entwicklung vom Ei zur Imago

Stactobia durchlebt alle Stadien bis zur Imago ausschließlich auf hygropetrischen Stellen und ist somit euhygropetrisch.

Während des Jahres kann man eine für die Monate charakteristische Verteilung und Wanderung der Stadien über die Fläche feststellen: Abb. 12.

In Abb. 12 wird auch versucht, die Entwicklung und Wanderung eines einzigen Tieres, bzw. eines seiner Nachkommen zu rekonstruieren, entweder in einem Jahr (a und b), oder in Generationenfolge über zwei Jahre (1. und 2. Jahr).

Jedes Kästchen gibt die Hälfte einer hygropetrischen Stelle von der Randzone (*R*) bis zur Mitte (*M*) wieder. *R*, immer links, bedeutet die Übergangszone gegen das Land, aber auch Partien, die aus irgend einem Grund weniger feucht sind als die Umgebung. *M*, immer rechts, bedeutet den immer überrieselten, im Winter nie ausfrierenden Teil der Stelle.

Erläuterungen:

Abb. 12A, Sg. II: a) Eine Larve wandert von Februar an bis zur Mitte, fertigt dort den Köcher an und kehrt Anfang Mai an den Rand zurück, wo sie sich verpuppt. Die Imago schlüpft Ende Mai. Von nun an gibt es junge Larven, die zur Mitte vorrücken. Anfang September schlüpfen zum 2. Mal Imagines, deren Nachkommen wahrscheinlich unbeköchert überwintern. Es gibt in diesem Fall zwei Generationen im Jahr.

b) Die im Februar gefundene Larve wandert bis Anfang Juli, die Imago erscheint Anfang August. Ihre Nachkommen überwintern unbeköchert. Eine Generation/Jahr.

Abb. 12B, Sg. I: 1. Jahr: Eine Larve legt im April ihren Köcher in der Mittelzone an und verpuppt sich Anfang Juni. Die Imago schlüpft Ende Juni; der Köcher eines ihrer Nachkommen wird Ende August markiert.

2. Jahr: Das markierte Tier hat unauffindbar überwintert (mit ihm noch 3 weitere von 14 markierten Tieren) und verpuppt sich im Mai. Die Imago schlüpft am 12. Juni. Ihre Nachkommen durchlaufen noch im selben Jahr die volle Entwicklung.
Zwei Generationen/Jahr.

Abb. 12C, 0.2: Diese Stelle ist 10 Monate im Jahr sehr gut besiedelt. 1. Jahr: Bereits im Januar erscheinen junge Larven. Imagines treten Mitte Mai bis Mitte September auf.

2. Jahr: Ihre Nachkommen haben beköchert überwintert. Anfang Juni schlüpfen sie zu Imagines, deren Nachkommen schon wieder Mitte September fertig entwickelt sind. Zwei Generationen/Jahr.

Abb. 12D, St.B: Puppen treten in der Randzone zweimal im Jahr auf, nämlich im Juni und August. Zwei Generationen/Jahr wahrscheinlich.

Abb. 12E, St.A: Viele Larven überwintern hier im fünften Stadium. Sie verpuppen sich im Juni und schlüpfen im Juli als Imagines (dies ist nur aus dem Vorhandensein von Eiern zu schließen). Ob ihre Nachkommen sich noch im selben Jahr zu Imagines entwickeln, ist sehr unsicher, da die Sonne schon im September von der Stelle verschwindet. Wahrscheinlich eine Generation/Jahr.

Nach allen Beobachtungen entwickelt sich an günstigen Stellen (Besonnung!) eine kurze Sommergeneration zwischen zwei langen überwinternden Generationen. Wahr-

scheinlich überschneiden sich die Generationen auch, da benachbarte Stellen einander beeinflussen können.

Noch wichtiger als die Generationenfolge ist jedoch die Verteilung der Tiere nach Stadien: Puppen im Randgebiet, bekötherte Larven in der Mittelzone, junge Larven vom Rand her vorrückend. Durch Dichtemessungen (Dichte = Individuen pro 25 cm²) versuchte ich zu zeigen, daß die jeweilige Verteilung der Tiere eine Folge von gerichteter Bewegung und aufeinanderfolgender Entwicklungsstände ist (Abb. 13).

Zu Abb. 13: Sg. II, 9. VI.: Junge Larven befinden sich hauptsächlich in der Mitte, bekötherte Larven am Rand. 15. VII.: Die jungen Larven haben sich verwandelt und beköchert, die Dichte der Puppen steigt leicht gegen den Rand. In diesen Puppen finden wir die 5. Stadien vom 9. VI. wieder. 1. VIII.: Die 5. Stadien vom 15. VII. sind gegen den Rand gewandert und haben sich dort verpuppt.

0.1, 9. VI.: Die Mitte ist vorwiegend von bekötherten, die Randzone von unbekötherten Larven besiedelt. 18. VI.: Die 5. Stadien vom 9. VI. sind nun in der Randzone als Puppen zu finden, die jungen Larven sind gegen die Mitte gewandert und haben ihren Köcher gebaut. 25. VI.: Die 5. Stadien vom 18. VI. haben sich am Rand verpuppt, junge Larven sind dabei, den Köcher zu bauen. Frisch geschlüpfte Larven in der Randzone.

St. A, 8. VI.: Larven mit und ohne Köcher befinden sich vorwiegend in der Mittelzone. 8. VII.: Die Zahl der jungen Larven hat sich beträchtlich erhöht, die der bekötherten ist gleichgeblieben. In der Randzone treten jetzt Puppen in größerer Anzahl auf.

St. B und St. F, 8. VI.: An beiden Stellen sind die Puppen in der Randzone angeheftet. Die Dichte der bekötherten Tiere steigt gegen die Mitte, junge Larven verteilen sich über die ganze Fläche oder verweilen noch in der Randzone, wo sie geschlüpft sind.

Beobachtungen im Laboratorium ergaben:

Eier entwickeln sich in stehendem Wasser bei 18 °C, in zugedeckten Uhrgläsern, ohne Wasserwechsel.

Auch auf den hygropetrischen Stellen findet in den als Behälter dienenden Puppenköchern infolge der Kapillarkräfte keine Wasserbewegung statt. Die Eier kommen also ohne Fließwasser aus.

Larvulae wurden bei 18 °C in zugedeckten Uhrgläsern 4 Tage, unter anderen Bedingungen in stehendem Wasser 7 Tage, gehalten. Sie zeigten rasches Längenwachstum und starben dann ab. Die Tiere brauchen also zu Weiterentwicklung fließendes Wasser. In der Natur suchen sie es durch Wanderung gegen die Mitte der Stelle zu erreichen.

Larven des 5. Stadiums befanden sich 17 Tage lang in stehendem Wasser von 12 °C, ohne daß sie einen Köcher anlegten. Der Fettkörper des Abdomens zeigte kein merkliches Wachstum, obwohl als Untergrund Sinterkrusten des natürlichen Standortes dienten und nicht anzunehmen ist, daß die Tiere verhungerten.

Da der Köcherbau an fließendes Wasser gebunden ist, wird verständlich, daß die bekötherten Larven vor allem den gut berieselten Mittelteil der Stelle besiedeln. Sie verhalten sich außerdem positiv rheotaktisch.

Puppen kommen in geschlossenen Petrischalen, bei nur feuchter Atmosphäre zur Entwicklung. Sie sind, wie schon erwähnt, hauptsächlich in der Randzone zu finden. Der allmähliche Übergang zum Land ist für das höchstens 2 mm lange Tier sicherlich wichtig, da es im Gegensatz zu anderen Trichopterenpuppen (*Tinodes*) keinen Schwimmhaarbesatz an den Tarsen des 2. Beinpaares trägt (THIENEMANN, 1909, wertet dies als Anpassung an den hygropetrischen Biotop).

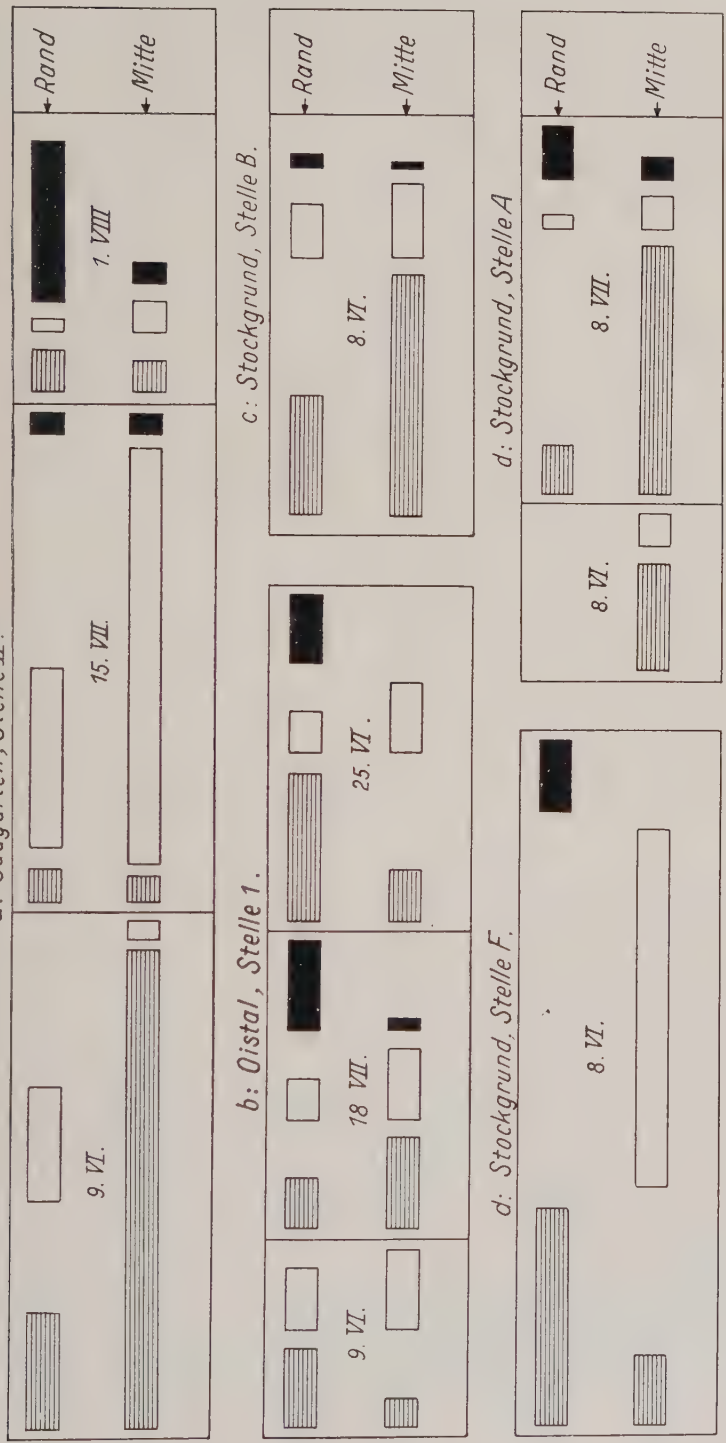


Abb. 13. Darstellung der Dichte (Zahl der Individuen auf 25 cm²) von *Stactobia-eatoniella*-Stadien in Mittel- und Randzone verschiedener hygropetrischer Stellen.

An den natürlichen Stellen werden die Puppen in der Randzone gelegentlich von der Austrocknung erreicht. Aus Versuchen ergab sich, daß bei zunehmender Austrocknung eine Erhöhung der Schlüpfzahl stattfindet (Tab. 11). Die Tiere scheinen ihre Entwicklungszeit abkürzen zu können.

Tabelle 11. Erhöhung der Schlüpfzahl von Puppen (aus demselben Puppennest von *St. eatoniella*) bei zunehmender Austrocknung des Untergrundes

Tag	Zahl der Puppen: 45	Zahl der Puppen: 60	Zahl der Puppen: 60
	Untergrund		
	feucht	trocken	sehr trocken
	Zahl der Imagines	Zahl der Imagines	Zahl der Imagines
1.	2	1	1
2.	2	1	3
3.	1	2	—
4.	2	3	—
5.	2	—	2
6.	—	1	5
7.	1	5	13
8.	1	3	10
9.	4	8	4
10.	5	5	1
11.	1	3	4
12.	Schimmelbefall —	3	1
13.	4	1	1
14.	3	2	5
15.	1	Versuch mußte abgebrochen werden.	
16.	1		
17.	1		
Gesamtzahl der Imagines	31, d. s. 73%	38, d. s. 63%	50, d. s. 83%.

Die mittlere Dauer der Puppenruhe beträgt 16 Tage, Tab. 12.

Zur näheren Klärung des Einflusses der Austrocknung wurden Larven von *St. eatoniella* in einem Plexiglaskasten unter dünner Wasserschicht bis zu ihrer Anheftung und längere Zeit darüber hinaus gehalten. Alle kamen dann am selben Tag samt ihrer Unterlage in geschlossene Petrischalen, wo sie langsam austrockneten. Von 21 Tieren konnte bei 9 das Schlüpfdatum festgestellt werden (Tab. 13). Es geht aus diesem Versuch hervor, daß die Puppenzeit um so länger dauert, je länger die Puppen im fließenden Wasser liegen.

Nach diesen Beobachtungen darf man bei *Stactobia* eine Entwicklungswanderung annehmen, welche durch die verschiedenen Ansprüche der Stadien bedingt wird und von der Randzone zur Mitte und wieder zurück führt.

Als eine andere Art der Wanderung von Larven sind Ausweichbewegungen zu nennen, hervorgerufen durch Regenfälle.

Tabelle 12. Dauer der Puppenruhe bei *St. eatoniella* (Versuch in Plexiglaskästen)

Datum der Anheftung	Anzahl der Puppen	Datum des Schlüpfens	Anzahl der Imagines	Entwicklungsdauer in Tagen
23. VII.	3	12. VIII.	3	20
24. VII.	1	6. VIII.	1	13
26. VII.	4	8. VIII.	1	13
		10. VIII.	1	15
		13. VIII.	1	18
27. VII.	2	12. VIII.	1	16
		15. VIII.	1	19
28. VII.	6	10. VIII.	3	13
		16. VIII.	2	19
		15. VIII.	1	18
29. VII.	4	16. VIII.	4	18
30. VII.	3	16. VIII.	2	17
		12. VIII.	1	13
1. VIII.	1	17. VIII.	1	16
2. VIII.	1	18. VIII.	1	16
3. VIII.	1	19. VIII.	1	16
4. VIII.	1	19. VIII.	1	15
5. VIII.	1	20. VIII.	1	15
Mittlere Dauer der Puppenruhe in Tagen:				16

Tabelle 13. Verlängerung der Puppenruhe bei *St. eatoniella* durch Verbleib im Fließwasser

Datum der Anheftung	Zahl der Puppen	Datum des Schlüpfens	Zahl der Imagines	Puppenruhe in Tagen	Tage im Fließwasser
31. VII.	1	18. VIII.	1	18	3
29. VII.	1	17. VIII.	1	19	4
26. VII.	1	15. VIII.	1	20	8
26. VII.	1	16. VIII.	1	21	8
26. VII.	1	19. VIII.	1	24	8
22. VII.	1	13. VIII.	1	22	12
22. VII.	1	19. VIII.	1	28	12
18. VII.	1	11. VIII.	1	24	15
18. VII.	1	12. VIII.	1	25	16

b) Einfluß von Licht und Insolation

Ein einfacher Versuch mit bekötcherten Larven von *St. eatoniella*, welche in die abgedunkelten Zellen eines Plexiglaskastens gesetzt wurden, erweist die Tiere als positiv phototaktisch: Tab. 14.

Tabelle 14. Reaktion von bekocherten Larven von *St. eatoniella* auf Licht

Gesamtzahl in den Dunkelzellen	Dauer der Verdunkelung	Gesamtzahl in den Dunkelzellen	Gesamtzahl in den Lichtzellen
40	18 Stunden	7	12 (21 Verlust)
38	12 „	7	23 (8 „)
40	6 „	6	25 (9 „)
40	1,5 „	13	15 (12 „)

Auch die Imagines streben dem Licht zu. Hierbei dürfte die glänzende Wasserhaut einer Stelle auf Weibchen eine besondere Anziehungskraft ausüben, wenn sie Plätze für die Eiablage suchen (sie fliegen z. B. auch helle, nicht hygropetrische Flächen an).

Man kann beobachten, daß *St. fuscicornis* mehr halbschattige, *St. eatoniella* mehr besonnte Stellen bevorzugt: Tab. 15.

Tabelle 15. Verlust an Sonneneinstrahlung durch Horizontüberhöhung in % der Tagessumme (SAUBERER 1953) an verschiedenen hygropetrischen Stellen (Messungen mit dem Horizontoskop von Tonne). Die Werte gelten für die horizontale Fläche, welche aber in keinem Fall verwirklicht ist. *e.* Stelle mit *St. eatoniella*, *f.* Stelle mit *St. fuscicornis*, *M.* Stelle mit beiden Arten. I—XII Monate

Besiedelung	Stelle	Exposition	Sonnenstunden/Tag (Verlust an Sonneneinstrahlung in % der Tagessumme)						
			VI	V, VII	IV, VIII	III, IX	II, X	I, XI	XII
f.	Lg. 1	N	2,5 (77)	1,2 (87)	0,5 (93)	—(100)			
f.	Lg. 2	N	1,0 (90)	0,5 (95)	0,1 (98)	—(100)			
f.	Ld.	SW	4,1 (67)	4,0 (67)	2,0 (88)	0,5 (96)	0,5 (96)	—(100)	
f.	Lf.	NW	3,2 (73)	3,0 (78)	1,0 (95)	—(100)			
M.	St. F	W	3,5 (68)	3,0 (68)	1,1 (85)	1,5 (80)	0,7 (96)	0,5 (93)	—(100)
M.	St. G	S	8,7 (28)	8,2 (30)	7,5 (30)	5,2 (36)	2,0 (71)	2,1 (67)	2,0 (68)
M.	0.1	SO	3,1 (70)	2,5 (74)	2,3 (75)	2,0 (78)	1,5 (70)	1,0 (81)	1,0 (81)
e.	0.2	S	8,0 (27)	6,6 (31)	6,5 (28)	5,7 (28)	5,5 (23)	4,5 (25)	4,2 (25)
e.	0.4	S	5,7 (42)	5,2 (43)	5,5 (37)	4,5 (39)	4,5 (33)	3,5 (39)	3,0 (54)
e.	0.3	SW	5,0 (50)	5,2 (45)	5,2 (40)	5,6 (34)	3,5 (49)	0,2 (95)	—(100)
e.	Sg. I	SSW	6,2 (41)	6,5 (37)	6,7 (32)	4,1 (58)	0,2 (97)	—(100)	
e.	Sg. II	W	7,7 (36)	8,0 (34)	7,2 (40)	4,2 (68)	0,1 (98)	—(100)	
e.	St. A	NW	8,5 (31)	8,0 (29)	6,5 (40)	0,2 (96)	—(100)		
e.	St. B	N	8,0 (27)	7,2 (31)	6,5 (31)	3,5 (55)	—(100)		
e.	St. C	OSO	5,5 (45)	4,7 (40)	4,0 (52)	1,1 (87)	1,5 (83)	1,3 (87)	1,2 (89)
e.	St. E	SW	8,2 (29)	8,1 (26)	8,0 (24)	7,2 (24)	4,5 (33)	3,5 (39)	3,0 (44)
e.	St. H	NO	6,5 (41)	5,7 (44)	4,5 (56)	3,5 (68)	2,5 (76)	—(100)	
e.	neben St. H	NO	7,5 (37)	6,7 (40)	6,0 (41)	1,0 (93)	—(100)		
e.	neben St. A	NNW	11,2 (13)	8,0 (34)	6,0 (51)	0,2 (96)	—(100)		

St. fuscicornis bevorzugt Stellen mit wenig direkter Besonnung (an allen *f.*-Stellen wandern Licht- und Schattenflecke) und Verlusten von 67 bis 77% der Tagessumme zur Zeit des höchsten Sonnenstandes.

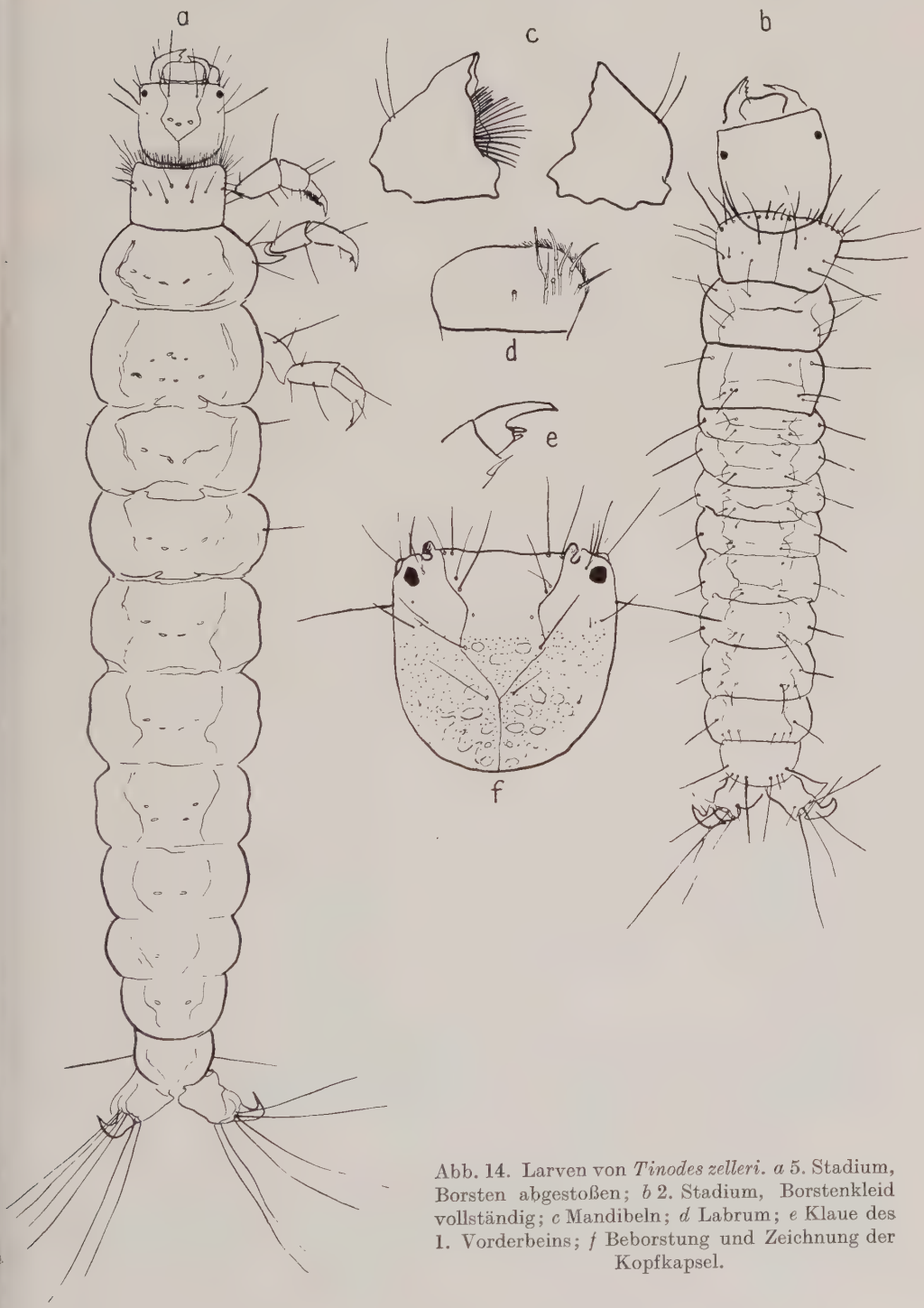


Abb. 14. Larven von *Tinodes zelleri*. *a* 5. Stadium, Borsten abgestoßen; *b* 2. Stadium, Borstenkleid vollständig; *c* Mandibeln; *d* Labrum; *e* Klaue des 1. Vorderbeins; *f* Beborstung und Zeichnung der Kopfkapsel.

St. eatoniella bevorzugt dagegen direkte Besonnung und Stellen mit 13 bis 50% Verlust, welche zusammenhängende Sinterkruste haben.

Von den Mischstellen (*M*) hat eine, St. G, nur 28% Verlust und ist in einer Schutthalde frisch entstanden. Sie trägt keine Sinterkruste. Eine andere, 0.1, hat 70% Verlust und wurde längere Zeit hindurch für eine *eatoniella*-Stelle angesehen. Erst in den letzten Beobachtungsmonaten wurde *St. fuscicornis* gefunden. In diesem Fall besteht der obere Teil aus künstlich gefügtem, sinterlosen Steinboden, zeigt also, obwohl es sich um eine ältere Stelle handelt, ein jugendliches Gepräge.

Die Mischstellen sind daher entweder jung und stark besonnt oder älter und schattig. Es scheint, daß die Besonnung hauptsächlich durch ihren Einfluß auf die Bildung der Sinterkruste für das Vorhandensein der Arten Bedeutung gewinnt. Neu entstandene Stellen überziehen sich in der Sonne wahrscheinlich rascher mit festen Ablagerungen als im Schatten. Schattenstellen behalten ihren jugendlichen Charakter länger. Weitere Beobachtung würde vielleicht zeigen, daß auf St.G. mit Bildung einer Sinterkruste eine Art Sukzession von *St. fuscicornis* zu *St. eatoniella* stattfindet.

c) Einfluß der Wassertemperatur

Ein Einfluß der täglichen Schwankung der Wassertemperatur auf die Trichopteren war nicht festzustellen, und es muß offen bleiben, wie weit die viel zu wenig bekannte Entwicklungsdauer der einzelnen Stadien hierdurch variiert.

Für die Stellen ist in unseren Breiten besonders wichtig, daß sie im Winter nicht einfrieren.

Mehrmals wurden im Laboratorium Larven und Puppen auf 24 Stunden eingefroren. Larvulae und Larven überstanden diese Behandlung am schlechtesten (Verlust fast 100%), Eier am besten (Verlust 50%). Puppen, die eine Woche bei +3 °C gehalten worden waren, schlüpften vollzählig.

Das Einsetzen der Sonnenbestrahlung im Frühjahr ruft auf allen Stellen das aktive Leben hervor, die Larven (mit oder ohne Köcher) verlassen ihr Winterversteck.

B. Tinodes

Die campodeoiden Larven der Gattung *Tinodes* (Abb. 14) bauen Röhren (Abb. 21) aus sandigen Partikelchen, pflanzlichen Überresten und Algen. Die Larve erscheint aus dem vorderen Teil ihrer Röhre nur, um Nahrung und frisches Baumaterial zu holen. Die Puppenstube wird extra angelegt (ROUSSEAU-LESTAGE 1921). Eine Beschreibung von *Tinodes*-Puppen gibt THIENEMANN 1905.

Zur Ökologie der Larve berichtet VAILLANT 1955, daß *T. aureola*, *T. zelleri* und *T. assimilis* eumadicol seien, die erste und letzte Art typisch petrimadicol. Den Winter überdauert *Tinodes* als Larve.

Eine Anpassung an die dünne Wasserhaut des Lebensraumes ist nicht nötig, da sich das Tier durch den Röhrenbau bestimmten Bedingungen einfach entzieht.

Beiträge zur Systematik der Gattung schrieben MARLIER (1943), SILTALA 1905), ULMER (1903, 1909), HICKIN (1950) und VAILLANT (1954, mit Bestimmungstabelle für die Larven).

1. Die Larvenstadien

Larven von *T. aureola*, *T. zelleri* und *T. assimilis* wurden gehalten: a) in offenen Petrischalen, auf natürlichen Sinterkrusten, unter einer dünnen Schicht stehenden Wassers, b) auf künstlich überrieselten, aus dem Lebensraum stammenden Steinen, die nach Belieben gedreht und aufgestellt werden konnten (Abb. 15).

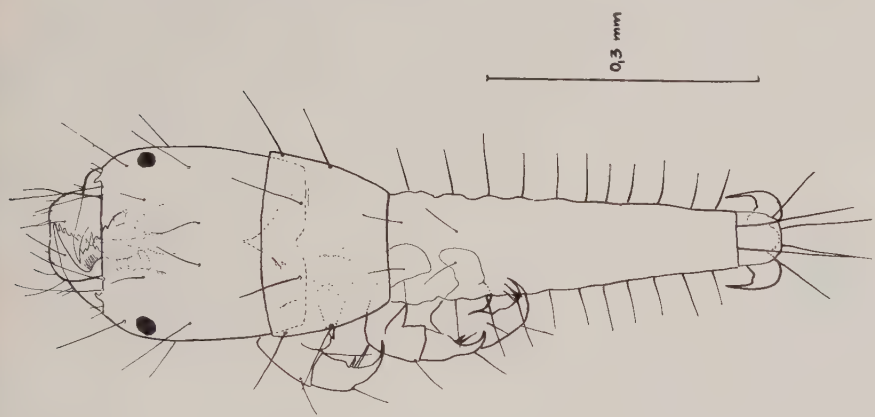


Abb. 16. Larvula von *Tinodes sp.*

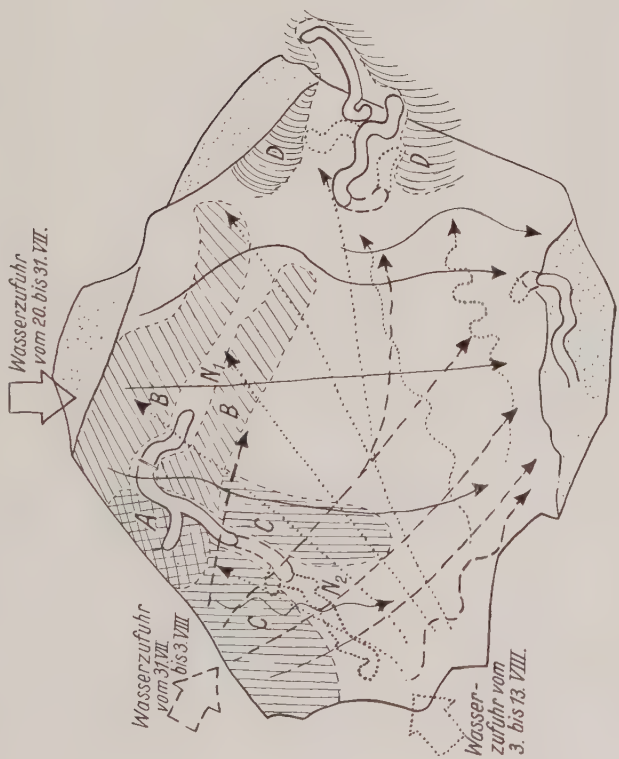


Abb. 15. Anordnung zu den Versuchen mit *Tinodes*. Eine künstliche hygropetrische Stelle wurde dreimal gedreht, die röhrenbauenden Larven von *Tinodes* ebenso oft einer Änderung der Wasserstromrichtung ausgesetzt. Stromfäden und die unter ihrem Regime gebauten Röhrenstücke jeweils ausgezogen, gestrichelt oder punktiert. *A*, *B*, *C*, *D* abgekratzte Felder; N_1 und N_2 Nahrungsstraßen; Pfeile: Stromrichtung.

Tabelle 16. Unterscheidung der Larvenstadien von *T. zelleri*

Stadium	Anzahl der langen Nachschieberborsten	Durchschnittliche Breite der Kopfkapsel mm	Durchschnittliche Körperlänge mm
(1)	(2)	(0,2)	(0,8)
2	3	0,2—0,3	1,0
3	4	0,4	2,8
4	5	0,6	5,6
5	6	0,8	8,1

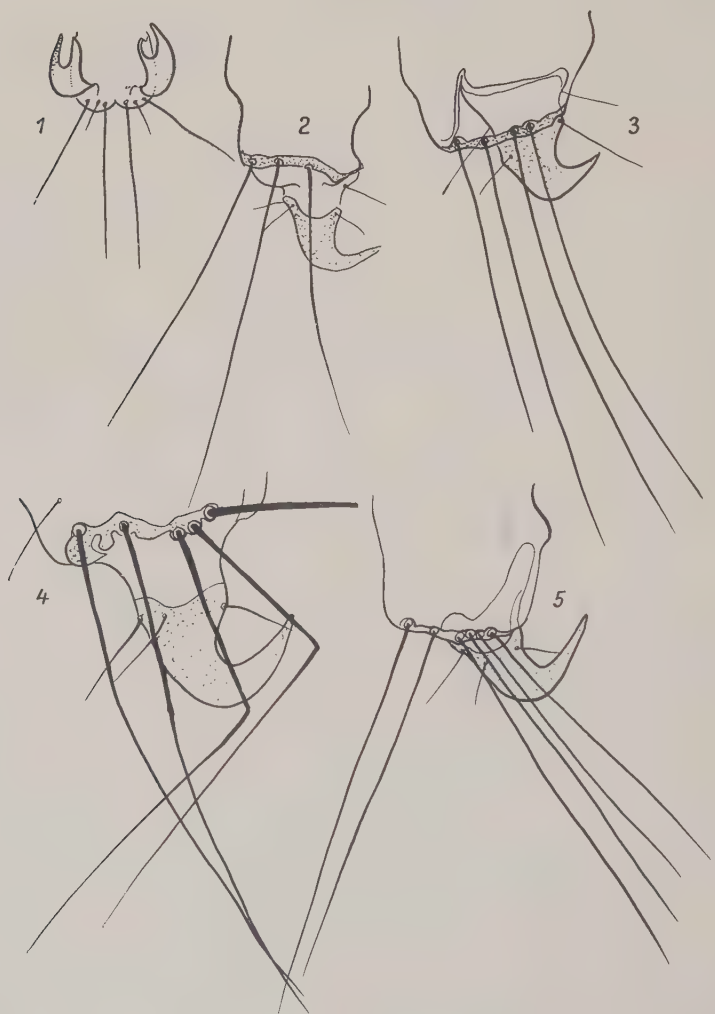


Abb. 17. Nachschieber der 5 Larvenstadien von *Tinodes*. *1 Tinodes sp.*; *2—5 Tinodes zelleri* (siehe auch Abb. 15).

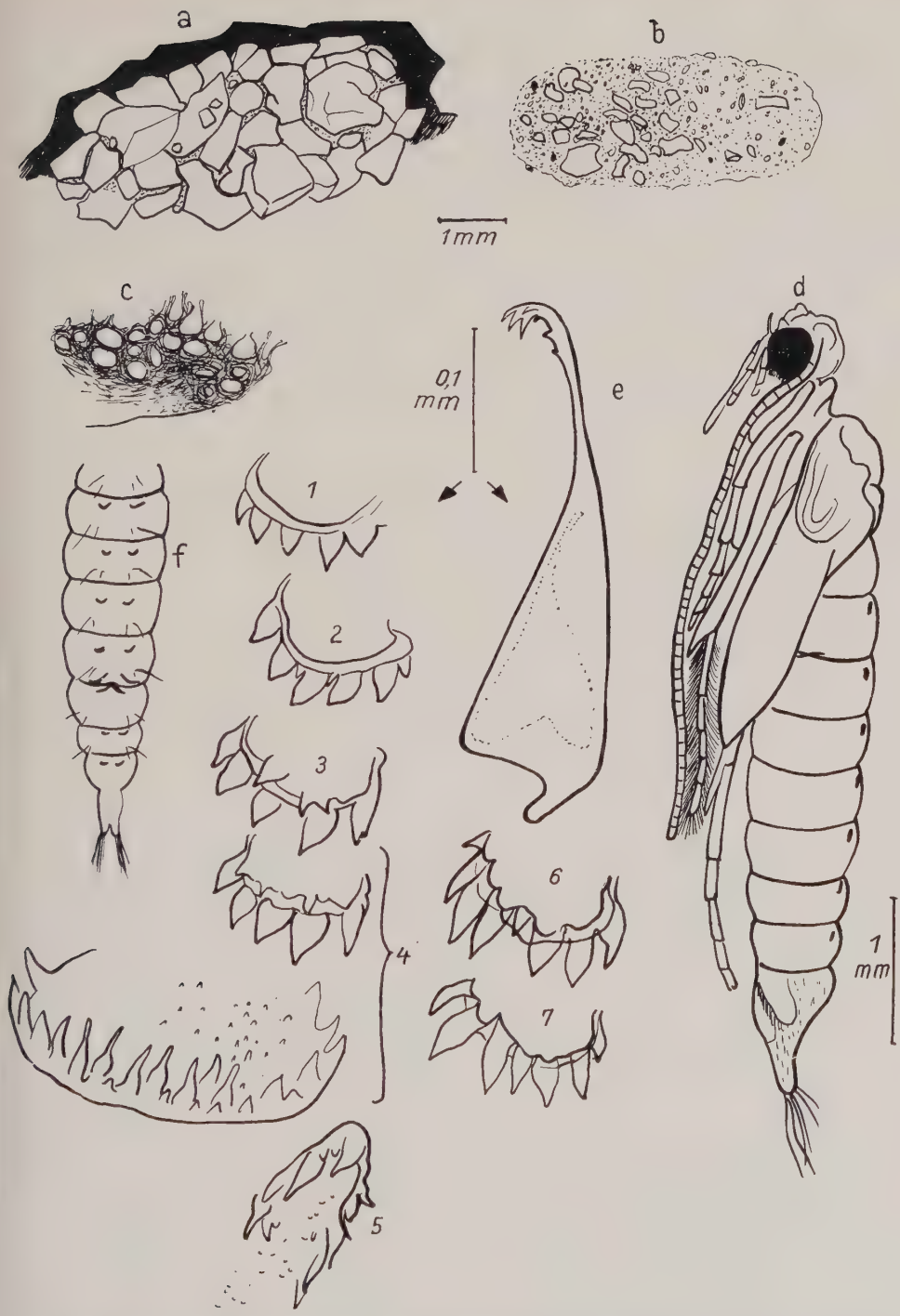


Abb. 18. Puppe und Puppenstuben von *Tinodes*. *a* Puppenstube von *Tinodes aureola* (?); *b* Puppenstube von *Tinodes zelleri* (?); *c* Siebplatte einer Puppenstube; *d* Puppe von *Tinodes aureola* (?); *e* Puppenmandibel; *f* „Bewegungsapparat" der Puppe, total und im Detail (1—7).

Außer den Eiern von *Stactobia* wurde an hygropetrischen Stellen niemals Trichopterenlaich gefunden. Doch legte ein an Ld. gefangenes, unbestimmbares Trichopterenweibchen in der Glastube glattschalige, durchscheinende, gelbliche Eier ohne Gallerteschutz ab. Nachdem sie 10 Tage lang in einer dünnen Wasserschicht aufbewahrt worden waren, schlüpften aus ihnen Larvulae, die sich durch den lang und spitz vorgezogenen Labiallobus als zur Gattung *Tinodes* zugehörig erwiesen (Abb. 16).

Durch Vergleich von Totalpräparaten zeigte sich, daß sich die vier Längenkategorien unter den Larven konstant durch die Beborstung ihrer Nachschieber unterscheiden. Unter Hinzufügung der oben beschriebenen, durch Zufall erhaltenen Larvulae läßt sich für *T. zelleri* eine Bestimmungstabelle der Stadien (Tab. 16, Abb. 14 u. 17) aufstellen.

Alle in der Natur gefundenen Larven bewohnten Röhren.

2. Die Puppe

Die Zahl der gefundenen Puppen ist gegenüber jener der vorhandenen Larven unverhältnismäßig klein. An vielen Stellen wurden überhaupt nie Puppen beobachtet, obwohl die Larvenröhren im Winter leerstanden.

Zur Bewegung dienen der Puppe im freien Wasser Schwimmborsten an den Tarsen der Mittelbeine (Abb. 18).

Über die Entwicklungsdauer liegen nur Einzelbeobachtungen vor. In einem Fall dauerte die Puppenruhe in einer Petrischale 13 Tage, in einem anderen lebte eine zur Verpuppung eingesponnene Larve ohne Farb-, Größenänderung oder Nahrungsaufnahme 11 Monate in einer Glastube (leider ging das Tier dann verloren).

Imagines treten immer nur vereinzelt auf.

▶

Abb. 19. Verschiedene Versuche mit *Tinodes*-Larven (Reaktion der Larve auf Veränderungen der Stromrichtung und des Untergrundes, Verhalten bei Austrocknung).

a Vier aufeinanderfolgende Ausweichversuche einer Larve, welcher der Wasserstrom direkt in die Vorderöffnung der Röhre geleitet wurde.

b Der Untergrund vor dem Röhrenvorderende wurde abgekratzt. Die Larve baut am anderen Ausgang weiter.

c Wenn nur ein Ende der Röhre mit normalem Untergrund in Verbindung steht, so baut die Larve an diesem weiter, auch wenn sie dabei in stärkere Strömung gerät.

d Wird der Larve nur ein Streifen („Nahrungsstraße") normalen Untergrundes gelassen, so legt sie ihre Röhre sogar gegen den Strom an, vermeidet aber das Eindringen des Wassers durch Zickzack-Bau.

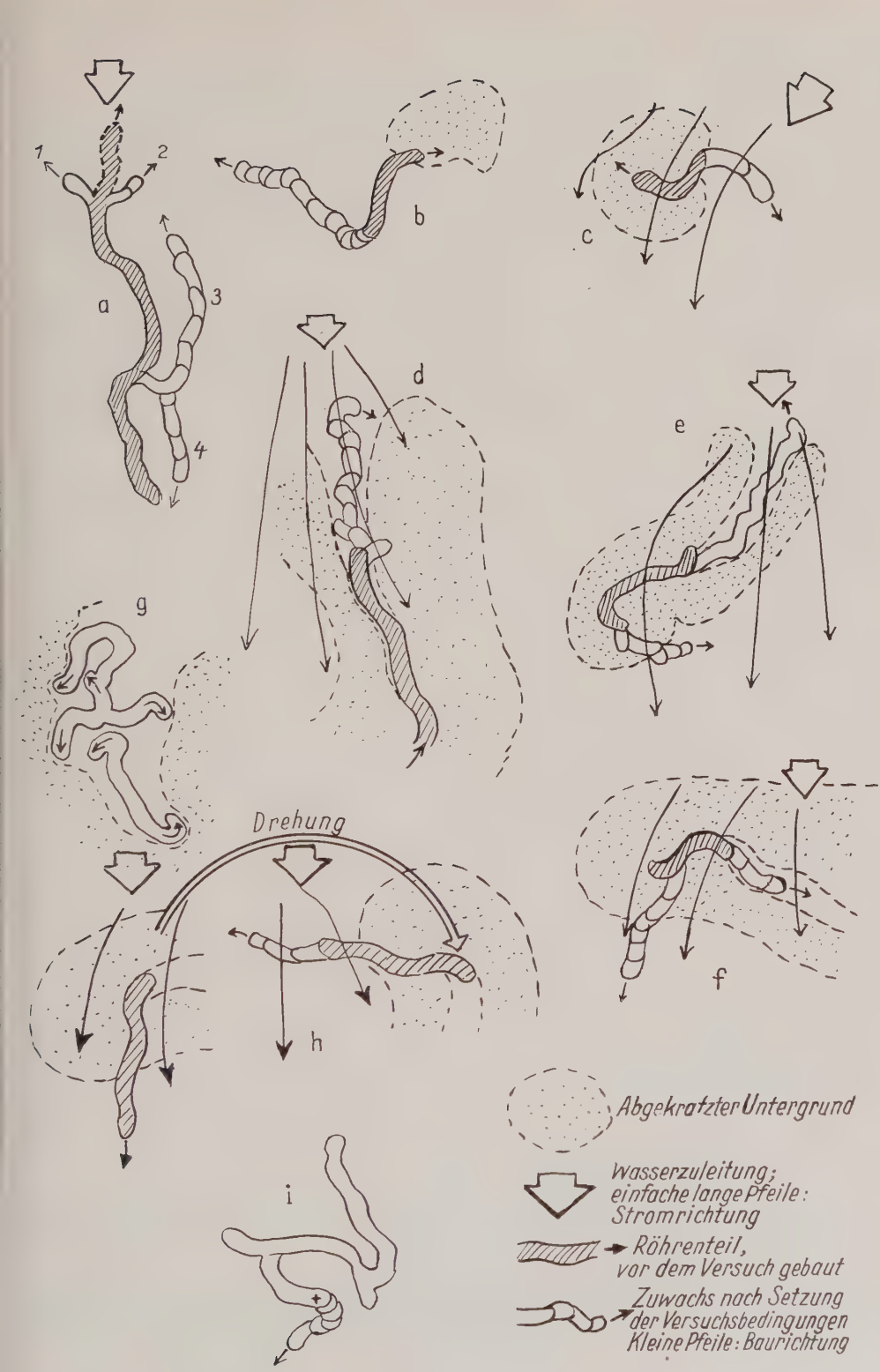
e Die Larve durchbricht die Fläche abgekratzten Untergrundes erst, wenn die Strömung in der „Nahrungsstraße" zu stark wird.

f Der gleiche Fall wie *e*.

g Der Raum einer „Nahrungsinsel" erfährt durch Verschlingung der Röhren möglichste Ausnützung.

h Eine Röhre wird gedreht, so daß der Wasserstrom auf ihr senkrecht steht. Die Larve behält die Baurichtung bei.

i Während einer siebentägigen Austrocknungsperiode sitzt die Larve im tiefsten Teil ihrer Röhre (bei +), ohne zu bauen. Zuwachsstücke entstehen erst (Pfeilrichtung), nachdem die Berieselung wieder eingesetzt hat.


1
2
3
4
a
b
c
d
e
f
g
h
i
Drehung
Abgekratzter Untergrund
Wasserzuleitung;
einfache lange Pfeile:
Stromrichtung
Röhrenteil,
vor dem Versuch gebaut
Zuwachs nach Setzung
der Versuchsbedingungen
Kleine Pfeile: Baurichtung

3. Ökologische Untersuchungen

a) Reaktion auf Fließwasser und Untergrund

Tinodes-Larven stellen sich im freien Fließwasser nicht deutlich positiv oder negativ zur Strömung ein, sondern kriechen unbeholfen herum und werden leicht ausgeschwemmt.

Um darüber Gewißheit zu erlangen, ob Wasser durch die Larvenröhre fließt, wurde eine Stelle (Fließgeschwindigkeit 5 cm/sec) intensiv mit Methylenblaulösung gefärbt. Nach fünf Minuten wies keine der vorhandenen Röhren im Inneren die Spur einer Blaufärbung auf. Im Gegenversuch wurden *Tinodes*-Röhren mit Methylenblau injiziert: Sie behielten den Farbstoff.

Tinodes lebt also nicht im Fließwasser. Dementsprechend bauen Larven, die von hygropetrischen Stellen stammen, auch in seichtem stehendem Wasser und verpuppen sich hier sogar.

Obwohl das Tier durch die Röhre geschützt ist, muß es sich bei deren Bau doch mit Strömungsrichtung und Stromstärke auseinandersetzen. Man kann die Larve im Versuch veranlassen, die Baurichtung zu ändern oder das Vorderende an den anderen Röhrenausgang zu verlegen, indem man den Wasserstrom direkt in die Vorderöffnung leitet (Abb. 19a). Es findet kein Röhrenbau gegen die Strömung statt.

Wird im Versuch die Sinterkruste vor dem Röhrenvorderende weggekratzt, so verlegt es die Larve in 4 von 5 Fällen an die andere Seite, wo der Untergrund normal ist (Abb. 19b).

Untergrund bzw. Nahrungsverhältnisse und Strömung sind also konkurrierende Faktoren.

Wurden Larven im Versuch gezwungen, zwischen ungünstigen Nahrungsverhältnissen oder starker Strömung zu wählen, richteten sie sich immer nach den Nahrungsverhältnissen. Stand z. B. nur das Röhrenhinterende mit normalem Untergrund in Verbindung, so wurde es zum Vorderende, obwohl dadurch in stärkerem Strom gebaut werden mußte (Abb. 19c).

Wurde dem Tier ein unveränderter Streifen Untergrund als „Nahrungsstraße" vorgeschrieben, so folgte es dieser sogar gegen die Strömung, indem es durch Zickzack-Bau das Eindringen des Wassers vermied (Abb. 19d). Erst bei zu starker Strömung unternahm die Larve einen Durchbruch durch die abgekratzten Flächen (Abb. 19e, f). „Nahrungsinseln" erfuhren durch Verschlingung der Röhren möglichste Ausnützung (Abb. 19g).

Drehung des Steines rief keine Änderung der Röhrenrichtung hervor, wenn die Strömung senkrecht auftraf (Abb. 19h).

Die Larve folgt in ihrem Röhrenbau in erster Linie den günstigsten Nahrungsbedingungen, weicht aber dabei der starken Strömung aus, indem sie die Röhre ungefähr senkrecht zu ihr stellt.

b) Verhalten der Larven bei Austrocknung

Wurde im Versuch die Berieselung für 7 Tage ausgeschaltet, so verharrten die Larven passiv an dem tiefsten Punkt ihrer Röhre und nahmen erst bei erneuter Wasserzufuhr ihre Bautätigkeit wieder auf (Abb. 19i).

Abb. 20 zeigt das Verhalten von *Tinodes* an Sg. IV bei Austrocknung. 12. VIII: Beginn der Austrocknung. 14. VIII: Grauschwarze Zone fast trocken. Keine Röhre mit Zuwachs. 15. VIII: Regen feuchtet die Stelle wieder an. 15., 16., 17. VIII: Erneute Austrocknung, vom Rand her

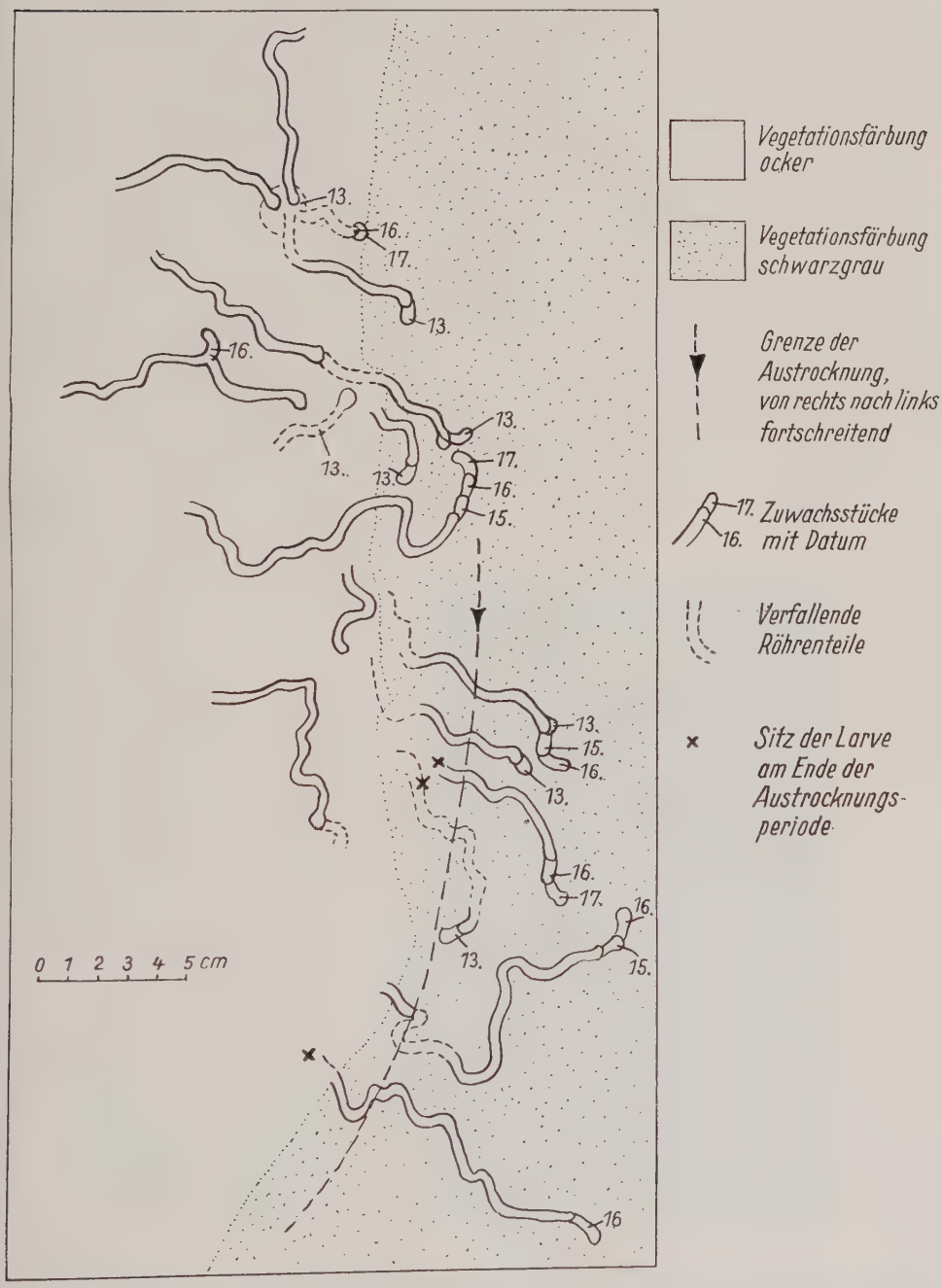


Abb. 20. Verhalten von *Tinodes*-Larven während einer siebentägigen Austrocknungsperiode (12. VIII—19. VIII).

fortschreitend. Die Röhren wachsen nur wenig, die Vorderenden werden übermäßig breit. 18. VIII: Schwarzgraue Zone ganz trocken, Röhren verhärtet, ohne Zuwachs, im Inneren wasserlos, aber feucht. 19. VIII: Die Larven, welche bei Öffnung der Röhre sofort gefunden werden (der Sitz des aufgestörten Tieres ist für die Untersuchung wertlos), befinden sich im feuchtesten Teil ihres Bereiches (bei x). Alle Röhren sind bewohnt. Auffällig ist ihre Anordnung (s. auch Abb. 21), von der immerfeuchten Zone schräg nach unten zur austrocknenden. Somit kann das Wasser von oben her immer wieder nachsickern.

Eine wesentliche Funktion der Röhre besteht also darin, die Larve vor der Austrocknung zu schützen.

c) Reaktion der Larven auf Licht

Die Larven leben in ihren Röhren praktisch ohne Licht. Hält man sie ohne Röhre im Dunkeln, so legen sie aber trotzdem eine solche an. Damit stimmt überein, daß Tiere im stehenden Wasser einer Petrischale bauen (wenn man ihnen Material mitgibt), obwohl der Glasboden Licht durchläßt. Sie verhalten sich diesem Faktor gegenüber völlig indifferent.

d) Röhre und Baumaterial

Die Larven bauen auf den hygropetrischen Stellen Röhren von 1 bis 4 mm Breite und bis 2 mm Höhe (Abb. 21). Der Röhrenboden wird vom Untergrund gebildet,

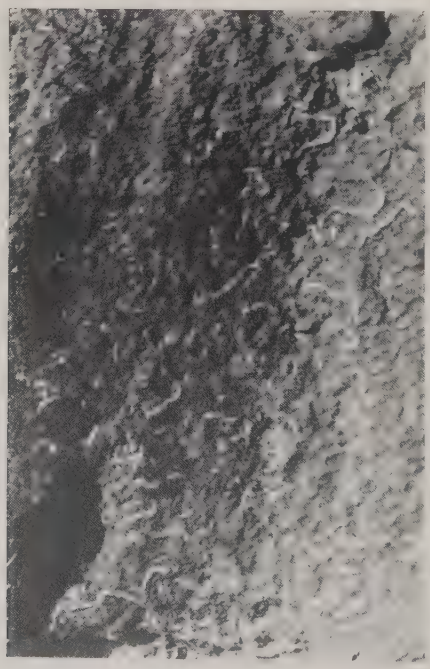


Abb. 21. *Tinodes*-Röhren in der Grenzzone zwischen Wasser und Land. Sie verlaufen von der stärker überrieselten Partie (rechts, hell) nach schief unten in die nur kapillar feucht gehaltene (links, dunkel).

ist aber deutlich eingesenkt, so daß das Lumen im Querschnitt rund oder elliptisch erscheint. Das Vorderende besteht aus einem breiten, dem Boden lose aufliegenden Lappen (Abb. 22a). Das Tier hält sich in dem Röhrenstück knapp dahinter auf,

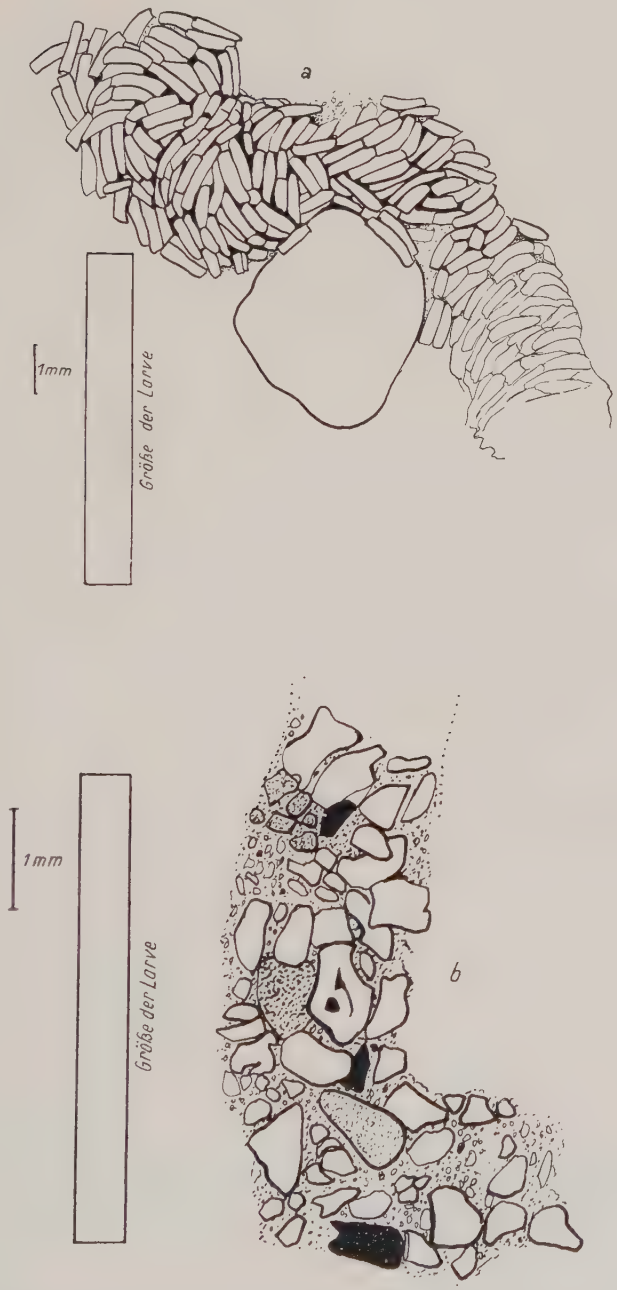


Abb. 22. 2 Typen von *Tinodes*-Röhren. *a* Röhre aus Exkrementen gebaut: *Tinodes zelleri* (?), Sg. I; *b* Röhre aus Sand: *Tinodes aureola* (?), Sg., Quelle.

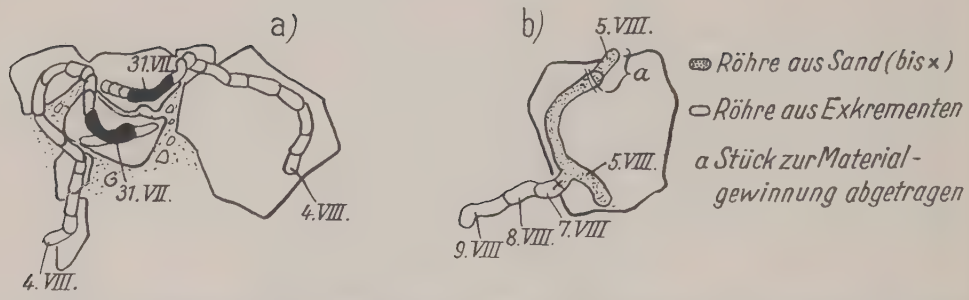


Abb. 23. *Tinodes aureola*(?) auf zwei verschiedenen Untergrundtypen. *a* Röhren aus Sand auf natürlichem Untergrund: Kies, Sand, Quellboden; *b* Kiesel auf leicht geneigter, glatter künstlich berieselter Steinfläche.

während das Röhrenhinterende allmählich zerfällt, wenn es nicht vorübergehend zum Vorderende wird.

Als Baumaterial dienen Sand- oder Exkrementstückchen. Letztere sind in die peritrophische Membran verpackt und werden wie kleine Bausteine verwendet (Abb. 22a). Die Larve gibt sie in der Röhre ab, schiebt sie von innen her an den Rand des lose aufliegenden Vorderlappens und spinnt sie dort fest.

Eine Spezialisierung auf bestimmtes Baumaterial besteht nicht (Abb. 22). Eine Larve von *T. aureola*, welche ihre Röhre auf dem Boden einer Quelle bisher mit Sand gebaut hatte (die Art kommt auch an hygropetrischen Stellen vor), benutzte — wohl als Notlösung — Exkremente, als sie auf einen künstlich berieselten Stein gesetzt wurde.

e) Nahrung der Larven

Schon der eingesenkte Röhrenboden deutet darauf hin, daß die Larve den Untergrund bearbeitet. Auch scheinen die auffallend starken Mandiblen (Abb. 14) hervorragend dazu geeignet, den pflanzlichen Aufwuchs, ja Teile der Sinterkruste abzutragen.

Der Darminhalt der Larve besteht zum größten Teil aus anorganischer Substanz. Von dem verhältnismäßig wenigen pflanzlichen Material geht sehr viel unverdaut durch (es lassen sich die Elemente der Sinterkrustenvegetation noch feststellen), weshalb die Larve immerfort aufnehmen muß, um ihren Bedarf zu decken. Röhren von *T. assimilis* (?), welche aus Exkrementen gebaut werden, wachsen stetig vorwärts, im Mittel täglich um 3 bis 4 mm. Der längste absolute Tageszuwachs beträgt 14 mm.

Oft fehlen an einer Röhre größere Stücke, ohne daß die Fließgeschwindigkeit geändert wurde. Es scheint, daß die Larve ihre eigene Röhre als Vorratskammer verwendet, sie auffrißt und die darin erhaltenen, bzw. wieder vermehrten Organismen zur Ernährung ausnützt. Der Vorgang selbst konnte aber nicht beobachtet werden.

Auch führten Larven auf Glasuntergrund, wenn sie mit einer begrenzten Menge Material versehen waren, den Bau immer so weiter, daß die zugebauten Stückchen am anderen Ende der Röhre fehlten,

Die gründliche Bearbeitung des Untergrundes führt bei älteren Larven anscheinend zu einer Abnützung der Klauen des vorderen Beinpaares sowie der Mandibeln (Abb. 24).

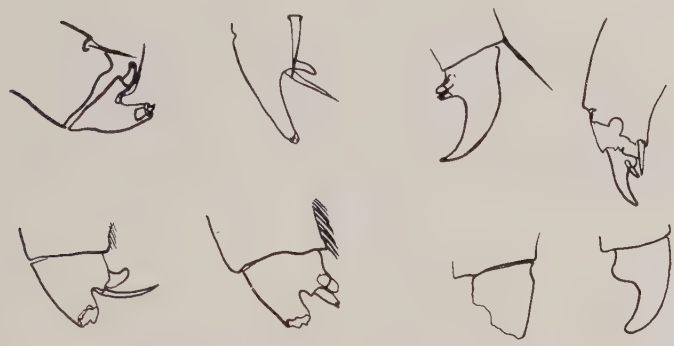


Abb. 24. Abnutzungserscheinungen an den Vorderklauen von *Tinodes*.

IV. Charakterisierung des hygropetrischen Lebensraumes und seiner Leitformen *Stactobia* und *Tinodes*

Eine Eigenschaft der Lunzer Stellen verdient besonders hervorgehoben zu werden: Die Konstanz der Wasserführung bzw. der Filmdicke.

Vaillant (1955) unterschied grundsätzlich zwischen quellgespeisten madicolen Stellen mit ziemlich gleichmäßiger und bachgespeisten mit sehr wechselnder Wasserführung.

Es handelt sich in Lunz nur um Stellen, die von Quellen aus mehr oder weniger großer Entfernung versorgt werden. Sie trocknen niemals aus und frieren im Winter nicht zu.

Aus der Tatsache, daß die charakteristische Tiergemeinschaft weder auf temporären, leicht austrocknenden oder ausfrierenden, noch auf hochwassergefährdeten, mit Bachwasser versorgten Stellen auftritt, kann gefolgert werden, daß die ganzjährige Konstanz der Wasserführung eine wesentliche Eigenschaft des hygropetrischen Lebensraumes in unserem Klima ist. Eine für unsere Breiten gültige Definition könnte daher so formuliert werden:

Unter dem hygropetrischen Biotop versteht man einen von Wasser ganzjährig und konstant dünn überrieselten mineralischen Untergrund, der von einer charakteristischen Tiergemeinschaft bewohnt wird.

Die hygropetrische Fauna Thienemanns wäre dann mit der Fauna quellgespeister madicoler Stellen im Sinne Vaillants gleichzusetzen.

Dies schließt nicht aus, daß es auch in einem Bachlauf Stellen geben kann, die den hygrorpetrischen Charakter jederzeit bewahren, so daß sie als Fluchtzonen und Ausgangspunkte eine neuen Besiedelung dienen können.

Starke Überflutungen — sie treten an den untersuchten Stellen nur ganz ausnahmsweise, und dann allmählich ein — und hohe Wassertemperaturen schädigen die hygropetrische Lebensgemeinschaft nicht. Dagegen sind Austrocknung und Ausfrieren auslesende Faktoren, die vom Rand her eingreifen können.

Stactobia, in allen Larvenstadien ungebunden, führt eine Entwicklungswanderung zwischen der extremen Randzone und der gemäßigten Mittelzone aus. Ei, Puppe und Larvula sind die Stadien des fast stehenden, nur kapillar fortgeleiteten Wassers. Die Puppe scheint ihre Entwicklungsdauer zu verkürzen, wenn sie von Austrocknung bedroht ist. Da der Ort ihrer Anheftung nicht ständig überrieselt wird, ist sie auch

nicht durch das Fehlen von Schwimmborsten benachteiligt. Die Imago schlüpft in vielen Fällen direkt aus dem Puppenköcher. Das 5. Larvenstadium zieht sich vor der Austrocknung deutlich zurück und ist durch den Köcherbau an das fließende Wasser gebunden. Mit seinem flachen Boden, seiner Benetzbarkeit und dem kapillaren Innen raum ist der Köcher eine sehr gute Einrichtung für das Leben in dünnem Wasserfilm.

Alle diese Tatsachen geben aber leider noch keine Erklärung, weshalb *Stactobia* nur an hygropetrischen Stellen vorkommt. Deshalb muß man neben den so verschiedenen Ansprüchen des Tieres während der Entwicklung noch seine geringe Größe in Erwägung ziehen.

Schwache Transportkraft des Wassers und allmählicher Übergang zum Land sind an hygropetrischen Stellen ideal vereinigt. Eine Verschiebung der Verhältnisse in Richtung Austrocknung oder Überflutung geht an ihnen so langsam vor sich, daß die Tiere Zeit haben auszuweichen, wenn sie den ungünstigen Bedingungen nicht durch Elastizität in ihrer Entwicklungsdauer begegnen können.

Die *Tinodes*-Larve ist durch ihre Röhre an einen Ort gebunden; sie sitzt darin im stehenden Wasser, im Dunkeln, gesichert gegenüber Ausschwemmung und Austrocknung. Sie ist also, genau gesehen, gar nicht wirklich hygropetrisch.

Dies läßt vermuten, daß der hygropetrische Biotop nicht der primäre und einzige Lebensraum für die beobachteten Arten ist. So wurden Larven von *T. aureola* (?) in einem seichten Quelltümpel gefunden. *T. assimilis*(?)-Larven wurden zwar nie außerhalb hygropetrischer Stellen beobachtet, bauten aber im Laboratorium ihre Röhren in einer Wassertiefe von 2 cm. Auch verwendeten sie kein bestimmtes Baumaterial. Der Bau aus Exkrementen scheint eine Notlösung zu sein, die auf den hygropetrischen Stellen zum Dauerzustand wurde.

Daß *Tinodes* in seiner Lebensweise noch aquatischer ist als *Stactobia*, zeigt sich noch an der Puppe, welche Schwimmborsten an den Beinen trägt. Darauf wies bereits THIENEMANN (1909) hin.

V. Zusammenfassung

Der Biotop:

Der Ausdruck „hygropetrisch" wird in vorliegender Arbeit im Sinne der THIENEMANNschen Definition (1909) der hygropetrischen Fauna gebraucht. Alle Beobachtungen wurden in der Umgebung von Lunz, Niederösterreich, gemacht.

Der Untergrund besteht nur an sehr jungen Stellen aus nacktem Fels, meist wird er von mineralischer Ablagerung gebildet. Diese entsteht an schattigen Stellen nur langsam.

Der tägliche Temperaturgang zeigt besonders im Sommer wegen der geringen Filmdicke große Amplituden (bis 15,5 °C). Im Winter bleibt die Wassertemperatur immer über 0 °C.

Das Wasser ist an allen Stellen detritusarm und sauerstoffübersättigt.

Zur Abgrenzung des hygropetrischen Bereiches kann bei gut belichteten Stellen die Vegetationsfärbung, bei allen anderen die — gegen den Rand abnehmende — Fließgeschwindigkeit dienen. In der Randzone beträgt die Fließgeschwindigkeit unter 5 cm/sec und die Filmdicke $< 0{,}2$ mm, das heißt, man kann das Fließen mit freiem Auge nicht mehr wahrnehmen, und die Erneuerung des Wassers ist auf Kapillarität zurückzuführen.

Die Konstanz der Wasserführung fällt an allen Stellen auf. Bei Niederschlägen wächst die Filmdicke nur langsam. Dies ist wahrscheinlich der Speisung durch Quellen und einer besonderen Gunst des Geländes zu verdanken (nie wurden hygropetrische Stellen in Bachläufen gefunden).

Der Begriff der hygropetrischen Stelle ist somit um einen wesentlichen Punkt bereichert, nämlich um die Konstanz der Wasserführung. Danach wären die quellgespeisten madicolen Stellen VAILLANTS mit den hygropetrischen Stellen THIENEMANNS, die ja durch die Fauna definiert werden, in großen Zügen gleichzusetzen.

Die neue Definition lautet: Unter dem hygropetrischen Biotop versteht man einen von Wasser ganzjährig und konstant dünn überrieselten mineralischen Untergrund, der von einer charakteristischen Tiergemeinschaft bewohnt wird.

Stactobia:

Die Eier von *Stactobia* werden in alten Puppenköchern gefunden.

Durch Klauenform und zunehmende Dichte der Beborstung sind fünf Larvenstadien zu unterscheiden. Die beiden Arten *St. eatoniella* und *St. fuscicornis*, können jedoch erst im 3., 4. und 5. Stadium getrennt werden (siehe Bestimmungstabelle).

Der Köcher wird bei beiden Arten nur einmal im Leben angelegt, und zwar im 5. Stadium. *St. fuscicornis* baut ihn sofort nach der Verwandlung, *St. eatoniella* manchmal erst nach 4 Tagen.

Stactobia arbeitet dabei wie *Orthotrichia* von einem Startring aus und nur in fließendem Wasser. Die Farbe des Köchers verrät, daß sein anorganisches Material vom Untergrund der Mittelzone stammt.

Über die Dauer der Larvenstadien gibt es nur Teilbeobachtungen. Das 5. Stadium kann neun Monate und drei Wochen alt werden.

Zur Verpuppung versammeln sich bis zu 60 Larven von *St. eatoniella* in Nestern, bei *St. fuscicornis* findet man hingegen nur drei oder vier Tiere beisammen. Die Puppenruhe dauert im Mittel 16 Tage.

Imagines beider Arten wurden immer nur an hygropetrischen Stellen beobachtet. Die Zahl der Generationen im Jahr ist unsicher, mehrere Stellen weisen auf zwei, andere Stellen auf eine Generation hin.

Stactobia ist euhygropetrisch. Ein Vergleich der zu verschiedenen Jahreszeiten gegebenen Verteilung von *St. eatoniella* läßt auf eine Wanderung innerhalb der hygropetrischen Stelle schließen, die jedes Tier im ersten bis vierten Larvenstadium wasserwärts beginnt, im fünften während der Bekögcherung unterbricht und mit der Wanderung randwärts zum Verpuppungsplatz beendet. Diese, von mir als Entwicklungswanderung bezeichnete Bewegung wird noch durch folgende Beobachtungen im Laboratorium wahrscheinlich gemacht: Die Eier entwickeln sich in stehendem Wasser, die Verwandlung der Larvulae und der Köcherbau im 5. Stadium sind dagegen an Fließwasser gebunden. Puppen können sich in nur feuchter Atmosphäre entwickeln. Langsames Austrocknen des Untergrundes scheint die Puppenruhe abzukürzen, was in der Natur für die Tiere in der äußersten Randzone günstig ist.

Über das Vorkommen der Arten entscheiden die Lichtverhältnisse bzw. der Untergrund. *St. fuscicornis* bevorzugt junge oder schattige Stellen mit fehlender oder unzusammenhängender Sinterkruste, *St. eatoniella* Stellen mit starken mineralischen Ablagerungen, wie sie besonders an besonnten Orten entstehen.

Die Tiere vertragen das Einfrieren nicht, für sie ist wichtig, daß die Stellen über den Winter fließend bleiben.

Tinodes:

Die Larven von *Tinodes* bauen im zweiten bis fünften Stadium (über die Larvula kann diesbezüglich nichts ausgesagt werden) Röhren aus Sand oder Exkrementen. So geschützt weiden sie den Untergrund ab und bearbeiten ihn dabei so gründlich, daß der Röhrenboden eingesenkt ist und Klauen und Mandibeln bei alten Larven abgenützt werden.

Über die Dauer des Larvenlebens gibt es nur eine Einzelbeobachtung: Eine im Puppenköcher eingesponnene Larve lebte in einer Glastube 11 Monate. Die Puppenruhe beträgt nach Versuchen im Laboratorium 13 Tage.

Die fünf Larvenstadien sind durch die Zahl der Nachschieberborsten voneinander zu unterscheiden. Es wird eine Bestimmungstabelle gegeben.

Die *Tinodes*-Larve ist, nach ihrem Verhalten im freien Wasser zu schließen, keine wahre Fließwasserbewohnerin. Tatsächlich gibt es auch in den Röhren keine Wasserbewegung.

Beim Anlegen der Röhre ist die Larve in erster Linie bestrebt, möglichst nahrungsreichen Untergrund aufzusuchen, dabei aber einer zu starken Strömung auszuweichen.

Die Röhre bietet einen idealen Schutz vor Austrocknung und Ausschwemmung; eine Lichtschutzfunktion kommt ihr nicht zu. Die Tiere sind nicht auf ein bestimmtes Baumaterial spezialisiert, sondern verwenden je nach Gegebenheit Sand oder Exkremente.

Die für den Lebensraum so charakteristischen Gattungen *Stactobia* und *Tinodes* befinden sich also grundsätzlich in verschiedenen Situationen:

Stactobia führt eine Entwicklungswanderung aus, die den ganzen Biotop in seiner Grenznatur zwischen Wasser und Land, in allen seinen Abstufungen überspannt. Das Tier unterwirft sich vollkommen den Gegebenheiten. Seine geringe Größe und die so verschiedenen Ansprüche während der Entwicklung können als Erklärung dafür gelten, daß es ausschließlich an hygropetrischen Stellen vorkommt.

Für die Larve von *Tinodes* bedeutet die Röhre einen weitgehenden Abschluß gegenüber bestimmten Bedingungen, einen „Lebensraum im Lebensraum". Deshalb können wir annehmen, daß die Gattung nicht auf den hygropetrischen Biotop angewiesen ist, sondern ihn unter anderen, sozusagen nebenbei, auch besiedelt hat.

VI. Literatur

BERTRAND, H., 1947: Observations biologiques sur la larve de l'*Eubria palustris* L. (Col. Dascillidae) et quelques autres insectes de la faune hygropetrique. Bull. Soc. Zool. France, **72**.

— 1948: Les insectes hygropetriques. L'Entomologiste, **4**, 2.

FEUERBORN, H. J., 1932: Die Larven der Psychodiden oder Schmetterlingsmücken. Ein Beitrag zur Ökologie des Feuchten. Verh. Int. Verein angew. Limnologie **1**, Kiel.

HICKIN, N. E., 1950: Larvae of the British Trichoptera. Proc. Roy. Ent. Soc. London **25**.

JAAG, O., 1945: Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz. Bern.

MARLIER, G., 1943: Les Metamorphosis de Rhyacophila dorsalis Curtis et de Tinodes assimilis Mac Lachlan. Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique **19**.

NIELSEN, A., 1948: The postembryonic development and biology of the Hydroptilidae. Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Biol. Skr. **5**, 1.

POPHAM, E. J., 1952: Some Preliminary Notes on the Fauna Hygropetrica of Lancashire and the Isle of Man. Soc. British Entomology **4**, 3.

ROUSSEAU-LESTAGE, E., 1921: Les Larves aquatiques des Insectes d'Europe. Bruxelles.

SAUBERER, F., 1953: Die Sonnenstrahlung auf eine horizontale Fläche an Punkten mit überhöhtem Horizont (Mittelwerte bei wolkenlosem Himmel für Österreich). Wetter und Leben **5**, 5—7.

SILTALA, A. J., 1903 04: Metamorphose d. Hydropsychiden. Acta Soc. Fauna et Flora Fennica **25**.

— 1904: Über die Metamorphose einiger Hydroptiliden. Ibid. **26**.

— 1906: Trichopterologische Untersuchungen: I. Über den Laich der Trichopteren. Ibid. **28**.

— 1906—08: Über die Nahrung der Trichopteren. Ibid. **29**.

— 1907: Trichopterologische Untersuchungen. Zool. Jb., Suppl. **9**.

STEINMANN, R., 1907: Die Tierwelt der Gebirgsbäche. Brüssel.

THIENEMANN, A., 1905: Biologie der Trichopterenpuppe. Zool. Jb. **20**.

— 1909—11: Orphnephila testacea Macqu. Ein Beitrag zur Kenntnis der Fauna hygropetrica. Ann. Biol. Lac. **4**.

ULMER, G., 1951: Eine neue Stactobiaart und ihre Larven aus Bulgarien, nebst Bemerkungen über die anderen europäischen Gattungen. Arch. f. Hydrobiol. **44**.

VAILLANT, F., 1951: Les Larves de Stactobia Mac Lachlan (Trichoptères). Bull. Soc. Zool. France **76**, 3.

— 1951: Contribution a l'Étude des Trichoptères du genre Stactobia Mac Lachlan. Ibid., **76**.

— 1952: Au sujet des Stactobia (Trichoptères). Ibid. **77**.

— 1953: Les Trichoptères a larves hygropetriques. Trav. Lab. Hydrobiol. et Piscic. Univ. Grenoble **45**.

— 1954: Tinodes algirica Mac Lachlan. The Hygropetric Larvae of the Tinodes (Trichoptera). Ann. Mag. Nat. Hist., London **12**, 12.

— 1955: Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Mém. Mus. Nat. Hist. nat. Zool., Paris **11**.

WESENBERG-LUND, C., 1943: Biologie der Süßwasserinsekten, Berlin-Wien.

Dr. ELISABETH DANECKER
Scharfling/Mondsee, Oberösterreich,
Bundesinstitut für Gewässerforschung und Fischereiwirtschaft

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	255—268

G. H. Schwabe und R. Simonsen

Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Plön/Holstein
und Institut für Meereskunde, Kiel

Cyanophyceen und Diatomeen aus der Krateroase Wau en-Namus (Fezzan, zentrale Sahara)

Inhaltsverzeichnis

I. Herkunft der Proben 255
II. Cyanophyceen 257
III. Diatomeen 263

Materialsammlungen und Bearbeitungen der Mikroflora von ökologisch extremen Binnengewässern, die auf ozeanischen Inseln oder in Oasen räumlich von vergleichbaren Biotopen weit entfernt liegen, versprechen in mehrfacher Hinsicht aufschlußreiche Ergebnisse, weil hier neben den auslesenden und formenden Extremfaktoren noch Ausblicke auf die Ausbreitungsmechanik der verschiedenen Arten gewonnen werden können. Der letztgenannte Gesichtspunkt wird dabei umso deutlicher in den Vordergrund treten, je jünger der räumlich isolierte Extrembiotop ist. Obwohl es an Hand des uns vorliegenden Materials allein noch nicht möglich ist, gesicherte Schlüsse im angedeuteten Sinne zu ziehen, so möchten wir diese Mitteilung doch als einen bescheidenen Beitrag für spätere Auswertungen in genannten Richtungen verstanden wissen. Wir sind daher Herrn Dr. N. Richter dafür besonders dankbar, daß er uns die gelegentlich seiner letzten Expedition 1958 gesammelten Proben zur Verfügung stellte.

I. Herkunft der Proben

Der Wüstenvulkan Wau en-Namus ($\varphi = +24° 54', 7$, $\lambda = 10° 43', 7$ ö. Gr.) ist nach N. Richter (1960) wahrscheinlich erst in geschichtlicher Zeit entstanden, so daß auch die an seinem Fuße gebildeten stehenden Gewässer ökologisch sehr jung sind. Es handelt sich hier um 3 größere Seen und einige flache Nebengewässer mit einer freien Gesamtoberfläche von etwa 30 ha und einer Gelegefläche von ungefähr 16 ha (Nov. 1958). Die mittlere Seehöhe der Gewässerspiegel wurde mit 434 m bestimmt. Ökologische Beachtung verdient vor allem noch, was N. Richter (1960) zum Wasserhaushalt der Oase Wau en-Namus anmerkt. Danach wurden beträchtliche Spiegelschwankungen und damit notwendig auch Veränderungen in der Ausdehnung der Wasserflächen im Laufe der letzten Jahrzehnte festgestellt. Es wird angenommen, daß diese Schwankungen jahresrhythmisch verlaufen und dem Rhythmus der Verdunstung, die nach N. Richters (1960) auf Messungen gestützte Berechnungen jährlich mindestens 5000 mm beträgt, folgen. Da in diesem extrem ariden Gebiete die jährlichen Niederschläge unter 1% dieses Wertes liegen, sind die Oasenseen als limnische Teile eines ausgedehnten und umfangreichen Grundwasserhorizonts anzusehen.

Wenn die einleuchtend dargestellte Hypothese Richters sich bestätigen sollte, dann könnte eine genauere limnologische Erforschung dieser Seen und ihrer Nebengewässer wertvolle Ausblicke in ein sachliches Neuland erbringen, zumal sich in ihnen, als relativ jungen Gewässern, ein sonst kaum bekannter, durch wachsende Salzkonzentrationen gekennzeichneter Alterungsprozeß abspielen dürfte. Ein solcher Alterungsprozeß müßte seinerseits in der historischen Entwicklung der dortigen Biozönosen erkennbar werden. (Für weitere geographische und hydrographische Einzelheiten s. Richter, 1958, 1959, 1960.)

Die beiden mikrofloristisch ergiebigen Proben, die hier behandelt werden, stammen aus dem größten der 3 Seen, der mit 14,6 ha Oberfläche (Nov. 1958) im Kraterboden liegt und als südwestlicher Hauptsee (See III) bezeichnet wird. Das Litoral dieses annähernd dreieckigen Sees (880 × 180 × 80 m) mit einer größten gemessenen Tiefe von 12,5 m, wird von einem Schilfgelege beherrscht, das bei etwa 3,3 ha Gesamtfläche nur an einigen Stellen durch kleinere Nebengewässer und flache Salzbecken unterbrochen ist. Die Wassertemperaturen lagen am 19. 11. 1958 vormittags. an der Oberfläche bei 21,5° und in 10—12 m Tiefe bei 17,5 °C. Eine von der Oberfläche in der Mitte des Sees zu dieser Zeit entnommene Wasserprobe zeigt die folgende Zusammensetzung:

Gesamthärte	$CaCO_3$	2439.8 mg/l
permanente Härte	$CaCO_3$	1628.7 mg/l
temporäre Härte	$CaCO_3$	811.1 mg/l
Rückstände		
bei 100°		185229.0 mg/l
bei 180°		175595.0 mg/l
	Cl	59210.0 mg/l
	NaCl[1]	97720.0 mg/l
	Ca	106.0 mg/l
	Mg	527.8 mg/l
	H_2S	—
	SO_4	31451.7 mg/l
	NH_4	vorhanden
	Nitrite	vorhanden
	Nitrate	—
	pH	9.18

[1]) Mit NaCl wird offenbar die als Na bestimmte Summe der Alkalien angegeben. (Verf.)

Die Rückstände bei 100 °C betragen in den beiden anderen Seen nach Untersuchungen aus der gleichen Zeit 64043 mg bzw. 17698 mg im Liter, so daß sich unser See in hinreichender Übereinstimmung mit einzelnen Ionenvergleichen als das an Rückständen reichste der drei größeren Gewässer erweist. Zugleich ist seine Sichttiefe nach N. Richters diesbezüglichen Angaben beträchtlich größer als die der beiden anderen Seen.

Die drei nicht fixierten Schlamm- bzw. Sandproben, auf die sich unsere nachstehende Mitteilung bezieht, wurden am 18. und 19. 11. 1958 von Frau Lore Richter gesammelt. Von ihnen enthielten nur die beiden am 19. 11. 1958 aus See III gewonnenen Blau- und Kieselalgen, während sich die dritte, aus See II stammende, als praktisch leer erwies. Die Florenzusammensetzung war im Hinblick auf die Diatomeen in den beiden ergiebigen Proben gleich, während sich bei den Cyanophyceen bemerkenswerte Unterschiede zeigten. Das von einer Untiefe in der

Mitte des Sees in nur 1 bis 2 cm Wassertiefe entnommene, mehr sandige Substrat zeitigte nur spärliche Entwicklungen von *Anabaena variabilis*. Dagegen brachte der an Kalkkonkrementen besonders reiche Uferschlamm von der Südseite des gleichen Sees, neben einer wesentlich reicheren Entfaltung der gleichen *Anabaena*, noch die drei anderen hier behandelten Arten hervor.

Die Blaualgen (Schwabe) wurden ausschließlich anhand von lebendem Material bestimmt, das sich auf Agarböden entwickelte (0.4 g Pulveragar Merck + 0.1 bis 0.4 g Harn auf 100 ml Wasser = 50 ml Brunnenwasser + 50 ml dest. Wasser). Die 3 bis 5 parallelen Rohkulturen, in denen der weiche Agar in Petrischalen von 10 cm ⌀ mit je 1 bis 3 g Probe beschickt wurde, bringen naturgemäß nur eine Auslese der im Probematerial vorhandenen Dauerstadien zur Entwicklung, so daß angenommen werden muß, daß die tatsächlich im Biotop bestehende Flora erheblich reicher ist. Trotzdem erweist sich dieses Verfahren mit dem angegebenen Nährboden als durchaus geeignet, biotopeigentümliche Unterschiede in der Blaualgenbesiedlung sichtbar zu machen, wie nun jahrelang durchgeführte Vergleichskulturen, insbesondere aus Böden, eindeutig zeigen. Bei diesem grundsätzlich einfachen Verfahren, sind u. a. folgende Gesichtspunkte zu beachten: Geeigneter menschlicher Harn in Konzentrationen unter 5% bewährt sich als überaus günstiges Medium zur Anzucht einer sehr großen Zahl und Mannigfaltigkeit von Blaualgen. Dabei werden mit abnehmender Harnkonzentration die meisten Nostocaceen gegenüber anderen Gruppen deutlich gefördert, obwohl die ersten zu optimaler Entwicklung auch einer geringen Menge dieses Zusatzes bedürfen. Sodann zeigt sich, daß bei der Beschickung der Rohkultur mit einer relativ großen Probemenge häufig von dieser ausgehende räumliche Konzentrationsgefälle in der räumlichen Gliederung der sich entfaltenden Bestände sichtbar werden.

Zu dem hier behandelten Material ist so dann noch zu bemerken, daß die ergiebigste Probe (litoraler Schlamm) — naß entnommen — im Behälter, der sie gegen spätere Infektionen sicher abschloß, allmählich ausgetrocknet und im Verlaufe dieses Vorgangs zweifellos auch Fäulnisprozessen ausgesetzt war. Die Dauerformen der hier vorgelegten Arten müssen also auch in dieser Hinsicht recht widerstandsfähig sein. — Zum Unterschiede von den Blaualgen wurden die Diatomeen (Simonsen) unmittelbar anhand der in den Originalproben vorhandenen Skelette bearbeitet.

II. Cyanophyceen

In der Zeit vom 21. 1. bis 20. 8. 1960 wurden aus Probe 1 (Litoralschlamm, trokken) die im folgenden aufgeführten Arten kultiviert, während aus Probe 2 (Untiefe in Seemitte) nur eine Art (*Anabaena variabilis*), die mit der aus Probe 1 identisch ist, entwickelt werden konnte.

Aus schwach versinterter Sandprobe wurden ab 21. 1. 60 folgende Arten kultiviert

1. *Eucapsis alpina* Clem. u. Sh. var. *maior* n. var. (Abb. 1)

Zerstreut zwischen nassen Sandkörnern und an Strängen von *Microcoleus Steenstrupii*, die ohne Lagerbildung das versinterte Substrat überziehen. Die leuchtend blaugrünen, ziemlich regelmäßig kubischen Kolonien enthalten selten mehr als 16^3 Zellen und zerfallen gewöhnlich in Pakete von 8^3 Zellen, die etwa 45 μ Kantenlänge haben ($4^3 = 20$—$21\ \mu$, $16^3 = 90$—$100\ \mu$). Die in verschleimender dünner Hülle liegenden Zellen haben 9—10 μ ⌀, in der Teilung bis 15 μ.

Coloniis microscopicis cubicis usque ad 16^3 cellulis compositis, margine $\pm$ 90—100μ; cellulis 9—10 μ diametri, in divisione usque ad 15 μ diametro.

Der Fund wird zu *E. alpina* Clem. u. Sh. gestellt, von dessen typischer Ausbildung er sich jedoch durch bedeutend größere Zellen (unter Kulturbedingungen) und erheblich umfangreichere Kolonien unterscheidet.

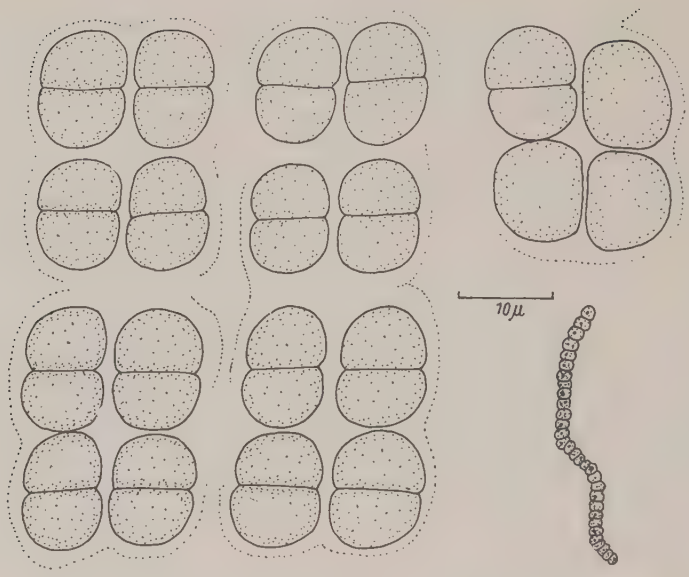


Abb. 1. *Eucapsis alpina* Clem. u. Sh. var. major n. var.

2. *Anabaena variabilis* Kütz. (Abb. 2)

Dünnes, blaß blaugrünes Schichtlager aus ± parallelen Fäden oder unregelmässigen Strängen zusammengesetzt und weit auf Agar ausgebreitet, aber auch in ihn eindringend. Schichtlager sind gewöhnlich als zarte Haut vom Agar abhebbar. Die Stränge sind unregelmäßig oder locker rechts gedreht. Nicht selten lösen sich Einzeltrichome aus dem Lagerverbande und verteilen sich weiträumig im Agar.

Die Trichome, blaß blaugrün, sind gewöhnlich wenig gebogen. Nur junge Trichome mit kurzen Zellen bilden zersprengte knäulige Kolonien im Agar.

Trichome (3.2—) 3.6—4.2 (—4.8) μ. Die Länge der Zellen beträgt meist 6—7.5 μ; besonders junge Trichome mit ∅ zwischen 4—4.5 (selten bis 4.8) μ sind manchmal kürzer als breit (2/3—3/3 ∅). Typische Endzellen sind abgerundet kegelförmig. Querwände sind gewöhnlich nicht abgesetzt. Chromoplasma optisch nicht oder kaum vom Zentroplasma differenziert. Kriechbewegung < 0.01 μ/".

Heterozysten sind selten und fehlen gelegentlich völlig, abgerundet rechteckig, ellipsoid oder nahezu kugelig mit verhältnismäßig dünner Wand und farblich wenig von Trichomzellen unterschieden; Trichombruch an Hz verhältnismäßig häufig; 4,5—6,5 × 6,5—10 μ oder kugelig mit 5—6 μ μ∅.

Dauerzellen werden zum ersten Male nach etwa zweimonatiger Kultur beobachtet. Sie sind unabhängig von Hz in Reihen (zu wenigen bis > 10) angelegt, anfangs ellipsoid, 7—8,5 × 7,5—10 μ oder, besonders später, meist kugelig mit 7,5—11,5 μ ∅. Die Hülle ist derb, glatt, braun, ungeschichtet und 0,5—0,8 μ dick. Während der D-Entwicklung sind Zellteilungen gehemmt. D-Entwicklung scheint Nachbartrichome zu induzieren.

Der Fund wird vorläufig zu *A. variabilis* Kütz. (lange Trichomzellen, D in Ketten von Hz entfernt) gestellt.

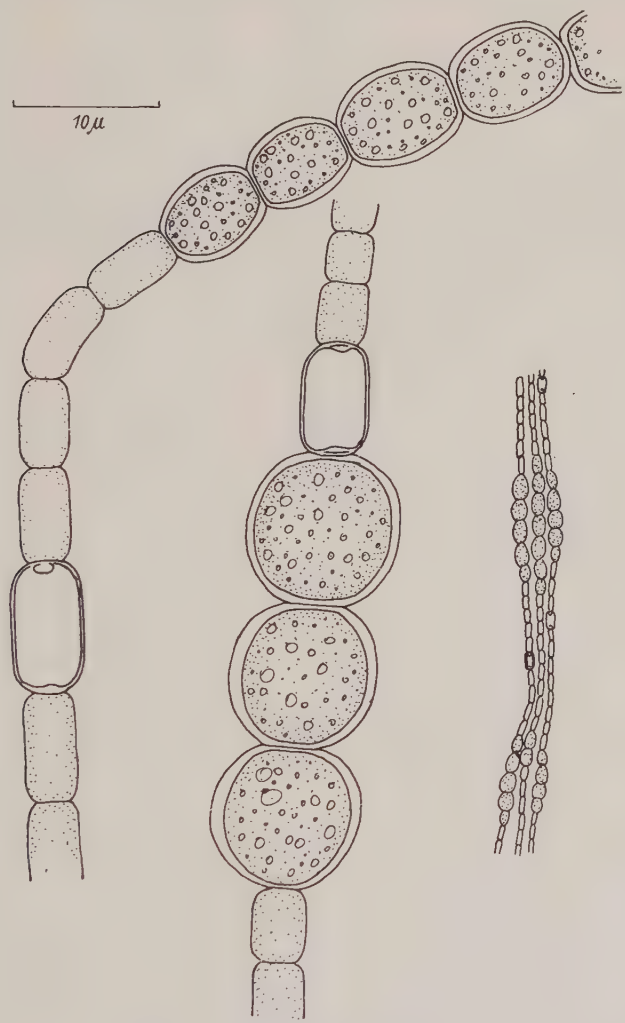


Abb. 2. *Anabaena variabilis* Kütz.

3. *Pseudanabaena africana* n. sp. (Abb. 3)

L. Geitler (1932, S. 932) bezeichnet *Pseudanabaena* als eine „Verlegenheitsgattung" und stellt sie später (1942), S. 221) in den „Anhang unsicherer Gattungen". Ich kann mich einer solchen Auffassung nur bedingt anschließen, nachdem ich wiederholt Bestände fand, die heterozystenlose Anabaenen zu sein schienen, aber auch nach längerer Kultur unter wechselnden Bedingungen keine Heterozysten bildeten. Daneben gibt es allerdings auch *Anabaena*-Arten, die nur ausnahmsweise — vor allem auf erschöpften oder N-armen Substraten — Heterozysten entwickeln und hinsichtlich dieses Alternativmerkmals eine Übergangsstellung einnehmen. Diese weisen

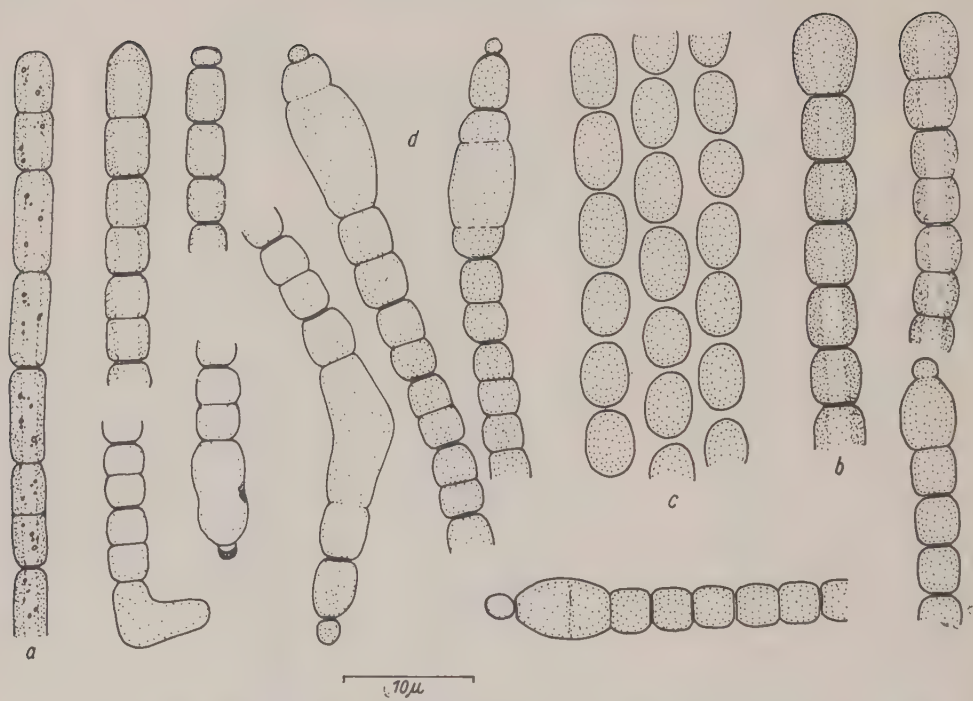


Abb. 3. *Pseudanabaena africana* n. sp.: *a* typischer Trichomabschnitt mit verhältnismäßig langen Zellen, *b* häufige Formen der Apikalgestaltung, geschwollene Endzellen, *c* Dauerzellen, *d* weniger häufige Zell- und Apikalbilder.

jedoch in der Regel Trichomdurchmesser über 3,5 μ auf, während Trichome typischer *Pseudanabaena*-Arten vorwiegend dünner sind. Heterozysten sind übrigens nicht nur in den fraglichen Gattungen bei geringen Trichomdurchmessern ziemlich selten und werden bei Durchmessern unter 3 μ kaum noch angetroffen.

In vorliegendem Materiale entwickeln sich mehrfach blaß blaugrüne, weich schleimige und unscharf begrenzte *Pseudanabaena*-Bestände von mehreren Millimetern Durchmessern. Die an den Querwänden scharf abgesetzten, meist ziemlich kurzen Trichome bewegen sich unregelmäßig zitternd ohne erkennbare Drehung. Lagerdichte 0—1. Zu unterscheiden sind folgende Entwicklungsformen:

1. Mehr oder weniger gerade und lange Trichome ($> 100\,\mu$) von 2,4—3 μ ⌀ mit (2,5—) 5—7 (—8,4) μ langen Zellen. Das verhältnismäßig blasse Chromoplasma hebt sich farblich nur wenig vom Zentralkörper mit einkörnigen Einschlüssen ab. Die Querwände sind tief eingeschnürt, aber nicht oder nur schwach abgesetzt.

2. Scharf abgesetzte kurze Trichome (meist $< 100\,\mu$) mit stets kurzen Zellen messen 2,8—4 $\mu \times$ 2,5—5 μ, der Zellinhalt erscheint mehr oder weniger homogen und das Chromoplasma ist farblich kaum unterscheidbar.

3. Ketten vereinzelter, ellipsoider Zellen (Dauerzellen) von 3,5—5 $\mu \times$ 4,5—6,5 μ, die meist parallel in Dichte 0,3—0,5 ⌀ gelagert, nur schwach gebogen und unbeweglich sind. Der Abstand zwischen den Zellen in der Kette beträgt 0,5—1 μ, Chromoplasma

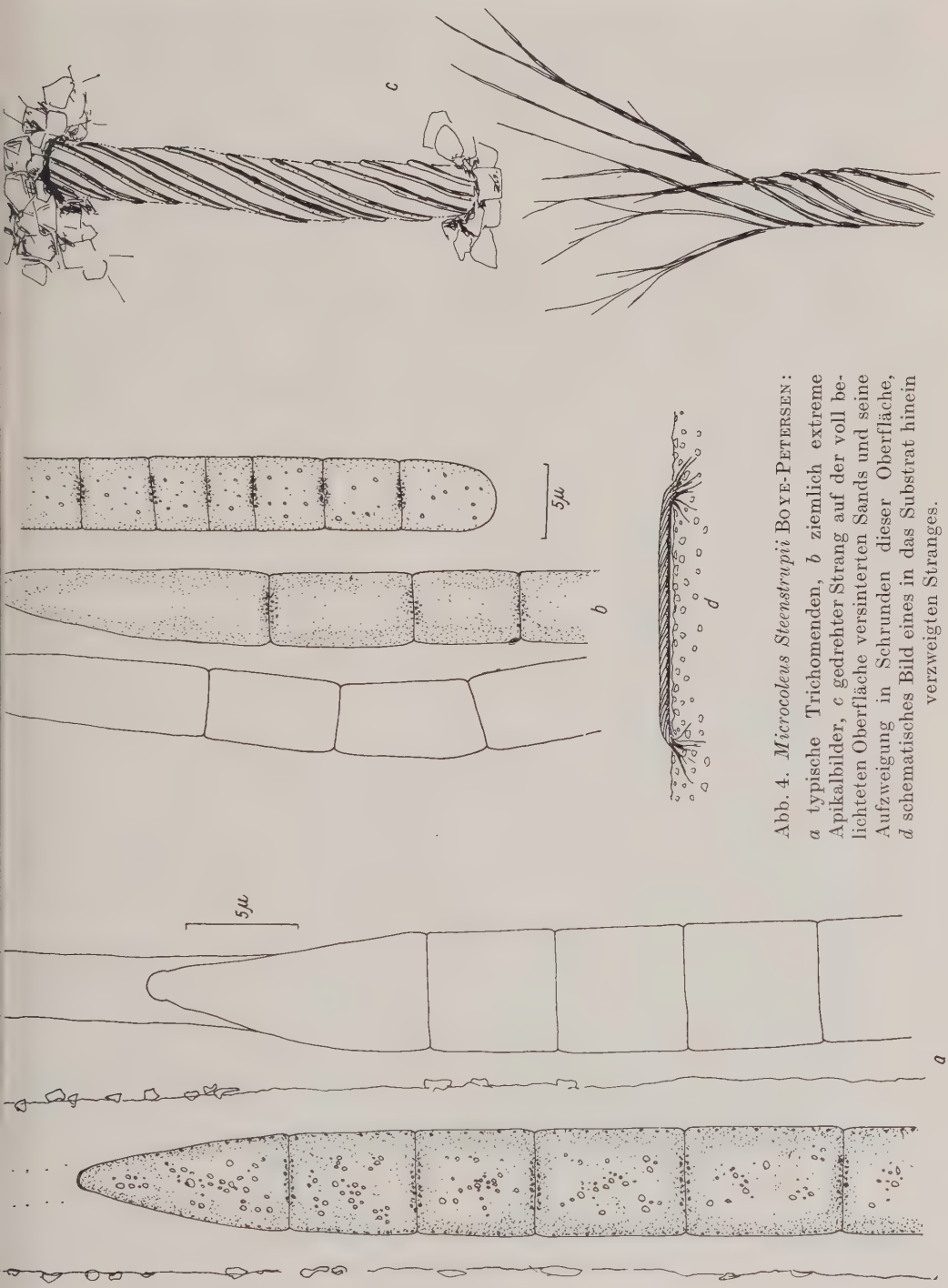


Abb. 4. *Microcoleus Steenstrupii* Boye-Petersen: *a* typische Trichomenden, *b* ziemlich extreme Apikalbilder, *c* gedrehter Strang auf der voll belichteten Oberfläche versinterten Sands und seine Aufzweigung in Schrunden dieser Oberfläche, *d* schematisches Bild eines in das Substrat hinein verzweigten Stranges.

bei stets homogen erscheinendem Zellinhalte nicht vom Zentroplasma unterschieden. Die Wände sind nicht oder kaum verdickt.

Nur bei den unter 1 und 2 genannten Entwicklungsformen treten terminale und präterminale Differenzierungen des Trichoms auf, deren Deutung späteren Untersuchungen vorbehalten sei:

a) Gelegentlich ist die Membran der Endzelle fast haubenartig verdickt. Typische Kalyptren wurden in keinem Falle beobachtet, können jedoch ausnahmsweise von sporenartigen kleinen Terminalzellen vorgetäuscht werden.

b) Nicht selten sind Schwellungen und Vergrößerungen der terminalen oder präterminalen Zelle. Seltener kommt es zu knickartigen Deformationen. Zu unterscheiden sind einfache Schwellung der Terminalzelle ohne Teilungshemmung und durch mehr oder weniger vollständige Teilungshemmung verursachte Streckung und Schwellung (bis $> 5\mu$) vorwiegend an präterminalen Zellen oder verbunden mit der Abschnürung einer meist kugeligen kleinen Endzelle von 1,5 bis 3 μ ∅. Deformationen treten nur bei gleichzeitiger Teilungshemmung auf.

Stratum molle mucosum expansum, subviride-coeruleum. Trichomata 2,4—4 μ diametri, ad genicula constricta, dissepimentis non aut evidente distinctis, 2,5—7 μ longis. Probabiles cellulae perdurantes in catenis 3,5—7 μ diametri, 4,5—6.5 μ longae, membranis vix crassioribus quam in cellulis vegetativis. Cellulae terminales vel praeterminales saepe irregulariter tumidae.

4. *Microcoleus Steenstrupii* Boye-Petersen (Abb. 4)

Die Art bildet unter den hier angewandten Bedingungen kein Lager und neigt beim zögernden Übergang auf Agar dazu, die sonst typischen Stränge mehr oder weniger vollständig aufzuzweigen. Sie entwickelt sich am besten an den ziemlich weichen sinterverbackenen Sandbrocken.

Die blaugrünen (grünstichigen) Trichome von (4—) 5—5,3 μ ∅ werden von (4—) 6—9 μ langen, an den Querwänden leicht eingeschnürten und oft schwach granulierten Zellen gebildet, in denen Chromoplasma und Centroplasma deutlich bis kaum farblich differenziert sind. Die Endzelle ist lang kugelig und 10—19 μ lang, manchmal mit angedeuteter Kalyptra, (hydrocoleus-artig). Die Trichombeweglichkeit ist verhältnismäßig gering (0,1—0,2 μ/sec). Die schleimigen Scheiden verquellen, so daß eintrichomige Fäden bis 40 μ dick erscheinen können. Sie sind außen klebrig. Alte, dicke Scheiden bläuen sich mit Chlorzinkjod.

Die schwach links gedrehten Stränge dicht gelagerter Trichome mit gemeinsamer Scheide sind (10—) 20—40 (—100) μ dick und verzweigen sich — ohne Anastomosen — besonders an den Enden mehr oder weniger pinselförmig. Strangverzweigungen sind nicht häufig, zumal sie sich bevorzugt in das Substrat hinein entfalten.

Bemerkenswert ist das Verhalten der Stränge auf der nassen porenreichen Unterlage vom natürlichen Standorte unter feuchtegesättigter Atmosphäre: Der geschlossene Strang erstreckt sich geradlinig auf Entfernung von 2—6 mm auf der Oberfläche des versinterten Sandes und dringt an beiden Enden in diesen ein. Im Substrat selbst zweigen die Stränge pinselförmig auf (vgl. Schema, Abb. 4d).

Die taxonomische Zuordnung unseres Fundes, der ohne Zweifel zur Gattung *Microcoleus* zu stellen ist, zu einer bekannten Art ist nicht einfach. Er gehört in einen Formenkreis, der durch die Arten *M. chthonoplastes* Thuret, *M. lacustris* (Rabh.) Farlow und *M. brasiliensis* Borge bezeichnet ist, unterscheidet sich von diesen dreien

jedoch durch die Bläuung alter Scheiden mit Chlorzinkjod. L. Geitler (1932, S. 1143) weist bereits auf die geringen Unterschiede zwischen den beiden letzteren hin. In diesem morphologischen Verwandtschaftskreis gehört aber auch *M. steenstrupii* Boye-Petersen, mit welcher Art unser Material wohl am besten übereinstimmt, zumal eine deutliche, wenn auch nicht so starke Chlorzinkjod-Reaktion wie bei einem Funde von Boye-Petersen auftritt, dessen etwas geringere Zelldurchmesser (3—5 μ) erfahrungsgemäß durch Bestimmung an trockenem Materiale mitverursacht sein können. Schließlich legen ökologische und biogeographische Gesichtspunkte die Zuordnung zu dieser Art nahe: sämtliche Fundorte liegen im Bereiche von Kondens- und Spritzwasser (thermale Ufer und an Wasserfällen), sind also sehr wahrscheinlich erheblichen Konzentrationsschwankungen ausgesetzt, wie sie auch in Wau en-Namus auftreten dürften. Da isländische Thermen als Stützpunkte im Vogelzuge dienen, wäre auch die räumliche Überbrückung der weit auseinanderliegenden Fundorte verständlich. Eine sichere Bestätigung dieser Annahme wäre am ehesten durch Prüfung lebenden Materials aus Island zu erbringen.

III. Diatomeen

Diatomeenuntersuchungen in Wüstengewässern sind bisher selten durchgeführt worden; aus dem nordafrikanischen Raum wurden vor allem bekannt die Arbeiten von Forti (1927, 1928, 1933) und Hustedt (1949, 1953). Deswegen ist der Autor dieser Bearbeitung Herrn Dr. N. Richter dankbar für die Überlassung des Materials. Dankbar bin ich auch Herrn Dr. Fr. Hustedt, der mir bei der Bestimmung der kritischen Arten half. — Wegen unserer lückenhaften Kenntnis der Oasenflora kann hier nur ein sehr skizzenhafter und mehr listenmäßiger Bericht gegeben werden, doch ist auch dieser — schon aus arealkundlichen Erwägungen — vielleicht bedeutungsvoll.

Die hier vorgelegte Diatomeenuntersuchung gründet sich — anders als bei der Bearbeitung der Blaualgen — nur auf zwei Proben, und zwar auf die Proben 1 und 2, die beide aus dem Hauptsee III stammen. Die Florenzusammensetzung in den beiden Aufsammlungen ist völlig gleich, so daß später nicht besonders auf die eine oder andere hingewiesen wird. Die beiden stark kalkhaltigen Sedimente sind sehr reich an Kieselalgenindividuen, enthielten jedoch nur 22 Arten aus 14 Gattungen. Diese Artenarmut in Verbindung mit Individuenreichtum weist deutlich genug hin auf die extremen Bedingungen des Biotops, verursacht durch den hohen Salzgehalt bzw. osmotischen Wert des Wassers, Schwankungen des Wasserspiegels und des Gesamtchemismus und durch die Temperatur. Der Individuenreichtum in den beiden Proben (das Sediment besteht praktisch nur aus $CaCO_3$, Wüstenstaub und Diatomeenschalen) darf auf den erhöhten Stoffumsatz zurückgeführt werden, der in tropischen Gewässern vielfach beobachtet wurde: das Produzierte wird im „kurzgeschlossenen Stoffkreislauf" sehr schnell remineralisiert, worauf der Kreislauf sofort wieder von vorn einsetzt; da sich die Diatomeen jedoch wegen ihrer praktisch unlöslichen Kieselsäure nicht remineralisieren lassen, bleiben sie als „unverdaulicher Rest" zurück und können so unter Umständen eine regelrechte Kieselgur bilden.

Der Charakter der Diatomeenflora von Wau en-Namus wird durch den hohen Salzgehalt bestimmt. Es können drei Gruppen unterschieden werden:

1. Stark euryhaline Oligohalobien:

Anomoeoneis sphaerophora, Cymbella pusilla, Nitzschia amphibia, Rhopalodia gibberula.

2. Euryhaline Mesohalobien:
Bacillaria paradoxa, Nitzschia hybrida, Nitzschia sigma, Rhopalodia musculus.

3. Polyhalobe Meeresdiatomeen:
Amphiprora duplex, Amphora coffeaeformis, Amphora ocellata, Mastogloia aquilegiae.

Aussagen über die Besiedelungsmöglichkeiten und die Herkunft vor allem der marinen Diatomeen sind m. E. verfrüht, jedoch ist eine Verschleppung vom Mittelmeer her denkbar, wobei die zahlreichen Salzgewässer zwischen der etwa 550 km entfernten Küste und der untersuchten Krateroase als Zwischenstationen gedient haben könnten. Eine endgültige Antwort auf diese Frage ist erst nach einer eingehenden Untersuchung der Wüstengewässer möglich.

Die Bildung von Innenschalen ist bei Diatomeen aus Oasen eine vielfach beobachtete Erscheinung. In den hier untersuchten Proben wurden solche beobachtet bei *Nitzschia amphibia* und bei der Mehrheit der Individuen von *Navicula interruptestriata*; bei letzterer kann die Zahl der Innenschalen mehr als zehn betragen.

Vor der Aufzählung der vorgefundenen Diatomeenarten sei hier noch auf eine Eigentümlichkeit der Kieselalgenflora des Sees III hingewiesen. Obwohl der See eine üppige Schilfvegetation aufweist (Richter spricht von „Schilfdschungeln"), konnten in den Proben kaum epiphytische Diatomeen, etwa aus den Gattungen *Achnanthes, Cocconeis* und *Cymbella*, festgestellt werden. Lediglich *Cymbella pusilla* war in größeren Mengen zu beobachten.

1. *Melosira goetzeana* O. Müll.

O. Müller, 1904, p. 290, Taf. 4, Fig. 20—22 — Icon nostr. Abb. 5, Fig. 1—2.

Die Form wurde mehrfach beobachtet, jedoch stets in einzelnen Schalen, nie in Ketten; sie ist eine Süßwasserart und muß im Gewässer als allochthon angesehen werden. Sie wurde vermutlich durch Sandstürme in das Gewässer getragen.

Die formae *minores* und die var. *tubulosa* Müller (l. c., p. 291, Taf. 4, Fig. 21, 22) gehören in den Variationsbereich der Art; ob *Melosira goetzeana* und *M. pyxis* (Müller, l. c., p. 291) vielleicht besser zu vereinigen sind, müßte an Hand weiteren Materials nachgeprüft werden.

2. *Stephanodiscus astraea* var. *minutula* (Kütz.) Grun.

Hustedt, Kieselalgen I, p. 368, Fig. 193d, e

Nur wenige Exemplare festgestellt. Wie die vorige Art ist sie nur eingeschleppt.

3. *Synedra tabulata* (AG.) Kütz.

Hustedt, Kieslalgen II, p. 218, Fig. 710a—d

In den Proben nicht besonders häufig. Die Art ist mesohalob und euryhalin und hätte deswegen häufiger vorkommen müssen. Sie gehört zu den Aufwuchsdiatomeen, einer ökologischen Gruppe, die in den beiden Proben fast völlig fehlt.

4. *Cocconeis placentula* Ehr.

Hustedt, Kieselalgen II, p. 347, Fig. 802a, b

Eine stark euryhaline Süßwasserart, von der wenige Exemplare beobachtet wurden. Sie ist wie die letztgenannte Form sessil.

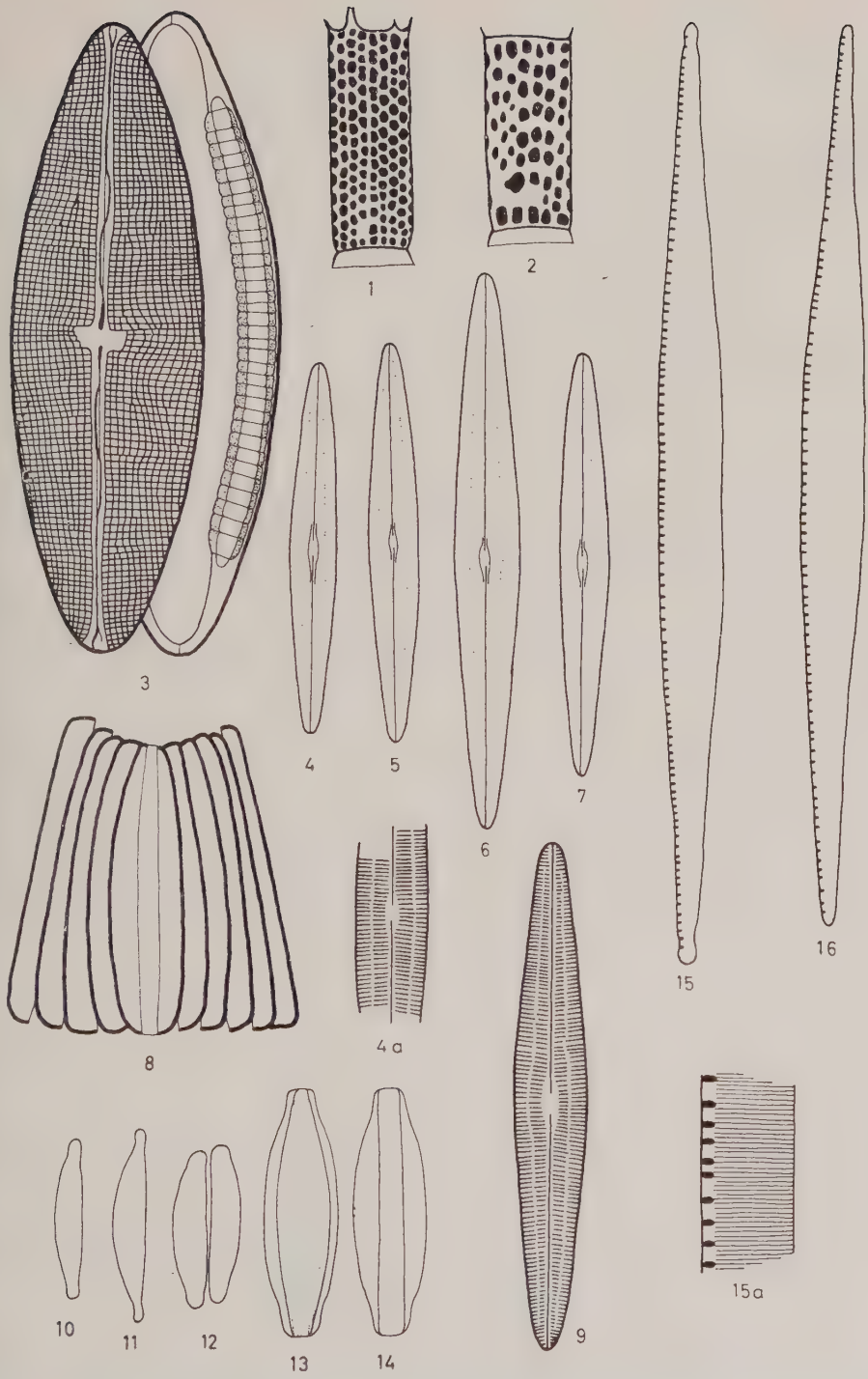


Abb. 5. Diatomeen. Vergr. 1500 × (außer Fig. *4a*, *9* und *15a*). *1—2 Melosira goetzeana* O. Müll.; *3 Mastolgloia aquilegiae* Grun.; *4 -9 Navicula interruptestriata* n. sp., *4a* Teil der Schale (2400 ×), *8* Gürtelbandansicht eines Individuums mit Innenschalen, *9* Feinstruktur eines ganzen Exemplares (2400 ×); *10—14 Amphora subtilissima* n. sp.; *15—16 Nitzschia richterae* n. sp., *15a* Teil der Schale (2400 ×).

5. *Mastogloia aquilegiae* Grun.

Hustedt, Kieselalgen II, p. 497, Fig. 923 — Icon nostr. Abb. 5, Fig. 3

Einige wenige Individuen konnten festgestellt werden. Nach Hustedt (l. c.) scheint diese polyhalobe Art besonders im Mittelmeer verbreitet zu sein, so daß an eine Einwanderung von dort gedacht werden darf.

6. *Anomoeoneis sphaerophora* (Kütz.) Pfitzer

Hustedt, Kieselalgen II, p. 740, Fig. 1108a

Nicht sonderlich häufig. Die Art ist in Wüstengewässern vielfach anzutreffen. Oligohalob (halophil).

7. *Navicula interruptestriata* n. sp.

Icon nostr. Abb. 5, Fig. 4—9

Valvae lanceolatae apicibus rotundatis non rostratis, 27—51 μ longae, 4.5—6 μ latae. Raphe recta, filiformis. Area axialis angustissima, area centralis parva, lanceolata. Striae radiantes, vix visibiles, 40 vel plures in 10 μ, interruptae, hoc m2do lineam longitudinalem ab unoquisque latere raphis formans.

Schalen lanzettlich mit gerundeten, nicht vorgezogenen Enden, 27—51 μ lang, 4.5—6 μ breit. Raphe gerade, fadenförmig. Axialarea sehr eng, Zentralarea klein, lanzettlich. Transapikalstreifen radial, kaum sichtbar, 40 oder mehr in 10 μ; jeder Streifen ist einmal unterbrochen, so daß beiderseits der Raphe je eine Längsrippe parallel zum Schalenrand verläuft.

Der Hauptvertreter ist in den beiden Proben, massenhaft vertreten. — Die Form unterscheidet sich wegen der charakteristischen Längsrippen klar von ähnlichen Arten der Gattung *Navicula*. Irgendwelche nähere verwandschaftliche Beziehungen können nicht aufgezeigt werden. Die Streifung und vor allem die Struktur der „Längslinien" können lichtmikroskopisch nur schwierig nachgewiesen werden. Bei den meisten Exemplaren gelang dies jedoch bei Verwendung eines Dunkelfeldkondensors in Verbindung mit einer nicht abgeblendeten Ölimmersion (Mischlicht). Mit dieser Kombination wurde die Struktur Strich für Strich mit dem Zeichenspiegel gezeichnet.

8. *Amphora duplex* Donk.

Cleve, Naviculoid Diatoms I, p. 15 — van Heurck, Synopsis, Taf. 22, Fig. 15—17

Polyhalobe Meeresform. Sie wurde in den Proben häufig festgestellt.

9. *Amphora coffeaeformis* AG.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 345, Fig. 634

Polyhalob, jedoch stark euryhalin. In den Proben relativ häufig.

10. *Amphora ocellata* Donk.

Cleve, Naviculoid Diatoms II, p. 133 — Peragallo, Taf. 49, Fig. 4—9

Polyhalobe Meeresdiatomee. Sie konnte nur selten festgestellt werden.

11. *Amphora subtilissima* n. sp.

Icon nostr. Abb. 5, Fig. 10—14

Frustula lanceolata apicibus rostratis, 14—23 μ longa, circiter 7 μ lata. Valvae 2.5—3 μ latae, semilanceolatae cum margine ventrali recto apicibusque rostratis usque ad subcapitatis. Raphe hucusque non visa, pori centrales normaliter distantes.

Striae non discernibiles, plures quam 40 in 10 μ. Copulae solum dorsaliter, circiter 15 in 10 μ.

Zellen lanzettlich mit vorgezogenen Enden, 14—23 μ lang, etwa 7 μ breit. Schalen mit geradem Ventralrand, halblanzettlich, mit vorgezogenen bis geköpften Enden, 2.5—3 μ breit. Raphe bisher nicht gesehen, die Zentralporen befinden sich in normalem Abstand. Transapikalstreifen nicht erkennbar, mehr als 40 in 10 μ. Zwischenbänder nur dorsal, etwa 15 in 10 μ.

Kommt in beiden Proben häufig vor. — Die Verwandschaftsverhältnisse können einstweilen nicht geklärt werden, weil die Struktur unauflösbar ist.

12. *Amphora veneta* Kütz.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 345, Fig. 631

In den Proben nicht besonders häufig. Oligohalob (indifferent).

13. *Cymbella pusilla* Grun.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 354, Fig. 646

Auffällig häufig, praktisch die einzige Aufwuchsform in den Proben. — Die Dorsalränder können wenig bis stark konvex gebogen sein. Oligohalob (halophil).

14. *Denticula spec.*

Ein unbestimmbares (eingeschlepptes ?) Bruchstück wurde festgestellt. Vielleicht handelt es sich um die *D. elegans* var. *africana* Hustedt (1953, p. 150, Fig. 5—7).

15. *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Müll.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 391, Fig. 742

Diese Art, die sonst in Wüstengewässern weit verbreitet und charakteristisch ist, war in Wau en-Namus nur selten zu beobachten. Oligohalob (halophil).

16. *Rhopalodia musculus* (Kütz.) O. Müll.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 392, Fig. 745

Im Material nicht selten. Neben *Cymbella pusilla* als eine der Charakterformen des Gewässers zu bezeichnen. Mesohalob, euryhalin.

17. *Bacillaria paradoxa* Gmelin

Hustedt, Bacillariophyta, p. 396, Fig. 755

Kommt nur vereinzelt vor, was bei der beträchtlichen ökologischen Valenz dieser Form verwundert. Mesohalob, holoeuryhalin.

18. *Nitzschia amphibia* Grun.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 414, Fig. 793

Die Art ist nicht selten in den Proben vertreten. Bei einigen Exemplaren konnten Innenschalen festgestellt werden. Oligohalob (indifferent).

19. *Nitzschia hybrida* Grun.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 406, Fig. 778

Im Material sehr vereinzelt zu finden. Mesohalob, euryhalin.

20. *Nitzschia iugiformis* Hust.

Hustedt, 1922, p. 149, Taf. 10, Fig. 60, 61 — derselbe, 1949, Taf. 1, Fig. 51, 52

Konnte nur ziemlich selten beobachtet werden. Die ökologischen Ansprüche sind mir nicht bekannt, die Form soll nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Hustedt weit verbreitet sein.

21. *Nitzschia richterae n. sp.*

Icon nostr. Abb. 5, Fig. 15, 16

Valvae in media parte lineares apicibus longe protractis acutis usque ad subcapitatis, 70—90 μ longae, 9—10 μ latae. Carina valde excentrica punctis carinalibus parvis, 9—13 in 10 μ. Striae 36—40 in 10 μ.

Schalen in der Mitte linear mit lang vorgezogenen, spitzen bis kopfigen Enden, 70—90 μ lang, 9—10 μ breit. Kiel stark exzentrisch, Kielpunkte klein, 9—13 in 10 μ. Transapikalstreifen 36—40 in 10 μ.

In den Proben nach *Navicula interruptestriata* die häufigste Diatomee. Ich widme sie der Sammlerin des Materials, Frau L. Richter.

22. *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. SM.

Hustedt, Bacillariophyta, p. 420, Fig. 813

Nur wenige Exemplare festgestellt. Mesohalob, euryhalin.

Literatur

Boye, Petersen, J., 1923: The fresh-water Cyanophyceae of Iceland. Botany of Iceland **2**, 251—324.

Cleve, P. T., 1894, 1895: Synopsis of the Naviculoid Diatoms. Kgl. Svenska Vet. Akad. Handl. **26**, **27**.

Forti, A., 1927: Su l'aspetto della flora algologica nell'Oasi di Giarabub. Nuovo Giorn. Bot. Ital., n. s., **34**.

1928: Elenco delle Alghe raccolte nel 1926 dal Prof. G. Krüger a Giarabub. Ibid. **35**.

— 1933: Disegno per un'Analisi biogeografica delle Alghe di Giarabub (Cirenaica). R. Acc. Naz. d. Lincei, Ser. 6, **5**.

Geitler, L., 1932: Cyanophyceae. Rabenh. Kryptogamenflora **14**, Leipzig.

— 1942: Schizophyta. Natürl. Pflanzenfam. **1b**, Leipzig.

Hustedt, Fr., 1922: Bacillariales aus Innerasien. In: Sven Hedin, Southern Tibet **6**, **3**.

— 1930: Bacillariophyta (Diatomeen). Heft 10 in Pascher, Süßwasserflora Mitteleuropas. Jena.

1930—1960: Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz etc. Rabenhorsts Kryptogamenflora, Bd. **7**, Teil **1** und **2**. Leipzig.

— 1949: Diatomeen von der Sinai-Halbinsel und aus dem Libanon-Gebiet. Hydrobiologia **2**, 24—55.

— 1953: Diatomeen aus der Oase Gafsa in Südtunesien. Arch. Hydrobiol. **48**, 145—153.

Müller, O., 1904: Bacillariaceen aus dem Nyassalande und einigen benachbarten Gebieten. Engler's Bot. Jahrbücher, **34**, 256—301.

Pergaallo, H., u. M., 1897—1908: Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. Grez-sur-Loing.

Richter, N., 1958: Wau en-Namus, die Mückenoase. Wiss. u. Fortschr. **8**, 265—267.

— 1959: Zur Hydrologie der zentralen Sahara. Monatsber. D. Akad. Wiss. Berlin **1**, 744—747.

— 1959: Das hydrologische System der Krateroase Wau en-Namus in der zentralen Sahara. Acta. Hydrophysica, im Druck.

Schwabe, G. H., 1960a: Blaualgen aus ariden Böden. Forsch. und Fortschr. **34**, 194—197.

— 1960b: Zur autotrophen Vegetation in ariden Böden. Österr. Bot. **2**.

van Heurck, H. F., 1880—1885: Synopsis des Diatomées de Belgique. Anvers.

Dr. G. H. Schwabe
Hydrobiologische Anstalt
Plön/Holstein

Dr. R. Simonsen
Institut für Meereskunde
der Universität Kiel,
Kiel, Hohenbergstr. 2

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	269—275

Zofia Fischer

Laboratory of Hydrobiology of Warsaw University and
Laboratory of Experimental Hydrobiology, Nencki Institute of Experimental Biology

Some data on the Odonata larvae of small pools

The material was collected from small bodies of water in two topographically different regions of Poland: the Mazurian Lake District (material collected in period from April to October, 1956) and the forest-bog region of the Puszcza Kampinoska (the Great Kampinoska Forest) near Warsaw (material collected in period from April to October, 1958). The Mazurian Lake District is a typical morainal district, characterized by considerable undulation and numerous lakes. The Puszcza Kampinoska (Chodorowski and Chodorowska, 1958) lies on flat lowland in the Vistula valley and is boggy territory crossed by dunes. The Puszcza Kampinoska abounds in small bodies of water whose level fluctuates with that of the water table which depends on the rise and fall of the Vistula and with rainfall (Chodorowski and Chodorowska, 1958, Paschalski, 1957).

The aim of this work is to examine the relation between certain species of dragonfly and environmental factors.

Material was collected from 16 small bodies of water in the Mazurian Lake District (Mikołajki region) denoted by M_1—M_{16} and from 12 in the Puszcza Kampinoska denoted by K_1—K_{12}: Table 1. The larvae were caught in a net of mesh size 1,25 mm. In the Lake District a catch was made every two weeks and in the Puszcza Kampinoska every month.

Table 1. Groups and situation of ponds in the Mazurian Lake District (M_1 — M_{16}) and Puszcza Kampinoska (K_1 — K_{12})

K_8	(group I)	in meadow	M_2	,,	in field (shrubs)
K_9	,,	in field	K_1	,,	in field
M_8	,,	in field			
M_9	,,	in forest	M_3	,,	in forest (clearing)
K_{10}	,,	in meadow	K_2	,,	in meadow
M_{10}	,,	in field	K_4	,,	in forest
M_{11}	,,	in field (lone trees)	K_5	,,	in field
M_{12}	,,	in field	M_{13}	(group IV)	in forest
K_3	(group II)	in forest	M_{14}	,,	in forest
K_6	,,	in forest (glode)	M_{15}	,,	in forest
M_4	,,	in field (lone trees)	M_{16}	,,	in field
M_6	,,	in field	M_{17}	,,	in meadow
M_7	,,	in field	K_{11}	,,	in forest
K_7	,,	in field	K_{12}	,,	in forest
M_1	(group III)	in field			

In both regions bodies of water were chosen for observation which were as varied as possible from the viewpoint of the character of the soil on the bottom, their degree of permanence, (Fig. 1) amount of shade and other such factors.

In addition to the observations on natural relations three experiments were performed.

I. In order to discover the influence of experimentally evoked changes in the quantitative relations between the larvae of various species of dragon-fly, over 1500 eggs of *Lestes sponsa* were collected in the winter 1956/57 from K_3 which is overgrown with *Carex*. In the summer 10 larvae were caught in an hour spent collecting and sorting, compared with about 80 in previous years. On the other hand 100 larvae of *Coenagrion hastulatum*, compared with 30 to 40 in the previous year, were taken in an hour. This indicates the possibility of competition between the two species.

II. To discover the intensity of cannibalism in larvae of *Lestes nympha* in a laboratory experiment, 10 larvae were placed in each of 15 vessels of dimensions $17 \times 22 \times 3$ cm containing 750 ml water each. The larvae were fed with excess of Tubificidae and *Daphnia magna*. After 48 hours, as a result of cannibalism, the number of larvae in each vessel was reduced, on average to 7. Body length of larvae was only just 9 mm.

III. In order to determine the ability of larvae of *Coenagrion hastulatum* to survive a period of drought, 100 larvae were put in glass vessels on damp earth of water content about 70% and, at various intervals of time, the larvae were transferred to water to test their viability. It was discovered that in these conditions the larvae live without ill effects for up to 12 days without water.

In the bodies of water I examined, 12 species of dragon-fly larvae of the suborder Zygoptera were found:

Coenagrion armatum CHARPENTIER 1840
Coenagrion pulchellum VANDERLINDEN 1894
Coenagrion puella LINNÉ 1758
Coenagrion hastulatum CHARPENTIER 1825
Enallagma cyathigerum CHARPENTIER 1840
Erythromma najas HANSEMANN 1823
Ischnura elegans VENDERLINDEN 1823
Ischnura pumilio CHARPENTIER 1825
Lestes barbara FABRICIUS 1798
Lestes nympha SELYS 1840
Lestes sponsa HANSEMANN 1823
Lestes virens CHARPENTIER 1825.

An attempt was made to arrange these species in a series according to their ecological plasticity from those found in the fewest bodies of water (*Enallagma cyathigerum*, *Erythromma najas*) to those occurring in many and varied bodies of water (*Lestes sponsa*, *Lestes nympha*) — Fig. 2. On this basis the bodies of water may be divided into four groups according to the occurrence of Larvae Zygoptera.

I. The first group, K_8, K_9, K_{10}, M_8, M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12}, with the exception of M_{11}, which is partly overgrown with peat and poor in water vegetation, are rather short-lived, often existing only in spring (Fig. 1). They are characterized by considerable variations in water volume (GIEYSZTOR 1934: the Lynceusowy pool) and variations in the concentration of dissolved substances (PASCHALSKI 1957: small bodies of water in the environs of Warsaw). These bodies of water are characterized by the fact that only species of Lestinae inhabit them.

II. The second group, K_6, K_7, K_3, M_4, M_6, M_7, are characterized by considerable fluctuation in the water level which is usually greater than in the previous group.

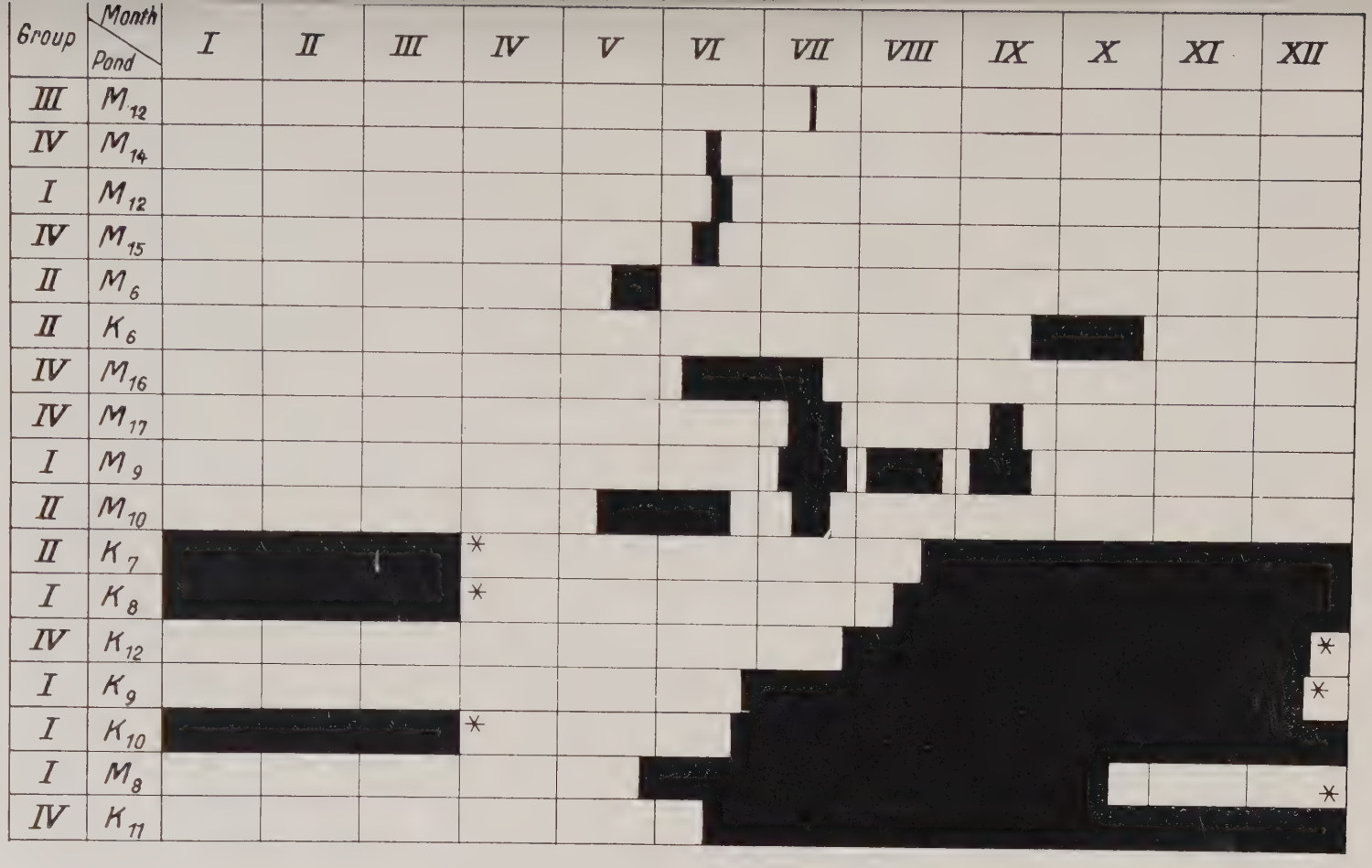


Fig. 1. Degree of permanence of the 16 ponds examined.

Most of them do not completely dry up in the summer. In spring they have species of Lestinae. Coenagrioninae are few, many of them fail to complete development and only occasional specimens complete their larval stage and emerge as imagines. Species of Lestinae clearly dominate here.

III. The third group, M_1, M_2, M_3, K_1, K_2, K_4, K_5, are large bodies of water relatively deep, permanent, (M_1-maximum depth 180 cm, surface area 80 m^2) and of relatively negligible flux in water level. This group is characterized by the domination of species of Coenagrioninae with a small number of larvae of Lestinae present at the same time.

However, in 7 pools no dragon-fly larvae (Fig. 2) were found at all. These were bodies of water which easily disappeared (K_{11}, K_{12}) or which were permanent (M_{13}, M_{14}). All were characterized by poor aquatic vegetation and most often by considerable shading.

Since the laying of eggs in most species of Zygoptera is associated with a definite type of vegetation, the first condition for the occurrence of certain species of dragon-fly in a given body of water is a definite composition of plant species (GARDNER 1950, WESENBERG-LUND 1913). For example *Lestes sponsa* lays eggs on the leaves of *Iris*, *Alisma*, *Plantago* etc. In the Puszcza Kampinoska these eggs were found on the stems of *Equisetum limosum*. However, the floral character of a body of water is obviously not the only factor determining the species composition of dragon-fly. Thus, for example, it was observed that in some bodies of water (K_3, K_6, K_7, M_4, M_6, M_7) at the end of July there normally appears a brood of larvae of species of Coenagrioninae and their number decreases so that only a few specimens, which often die in the spring, hibernate. For example, in M_6 in the first half of August, 5—10 specimens were found in the course of a normal catch. However, in September, only one larva was found and in April larvae of species of Coenagrioninae were not found at all (FISCHER 1959). In K_7 an analogous phenomenon was observed. In K_6, K_3, M_4, and M_7 the results of the catch were similar with the one exception that in the spring in these bodies of water specimens of species of Coenagrioninae were found sporadically. It appears correct to draw the conclusion that here some inhibiting factors influence the development of the larvae. It is possible to suppose that such a factor may be the considerable flux in the concentration of mineral salts caused by the drying up of a body of water or a faunal composition (accompanying fauna) unfavourable to the development of larvae of these species. Dragon-fly larvae, however, exhibit no sensivity to a six or sevenfold increase in the concentration of dissolved salts (FISCHER 1960). In most bodies of water chemical analyses were made defining the pH and concentration of the ions PO_4''', NH_4^+, CO_3'', Cl'. A very slight coincidence between the pH and NH_4-concentration and the occurrence of species of Lestinae and Coenagrioninae (FISCHER 1959) was noted. It is possible that these factors characterize a definite type of body of water and are at the same time associated with a series of it's other characteristics which favour the development of certain families of Odonata. These factors by themselves, however, do not determine their occurrence. Most probably the basic factors deciding the normal development of dragon-fly larvae is the faunal composition of a body of water together with it's floral character. One may suppose that the life cycle character decides about the domination of Lestinae in temporary pounds (CORBET 1956, MAC NEILL 1950), it is the short period of the larval life and the long period of the egg stage, as well as the fact that the eggs are resistant to drying up. In contrast the larval development in *Coenagrion* (GARDNER 1954) takes 1—2 years. During the observations it was noted that, in bodies of water in which species

of Lestinae dominate, most often species of Coenagrioninae are only represented in small numbers. In order to determine the nature of the mutual relations between these species, an experiment was conducted denoted by I (see earlier). As a result of this experiment an increased number of larvae of species of Coenagrioninae was obtained which permits the supposition that there exists the possibility that the Lestinae larvae dominating in the body of water feed on some species of Coenagrioninae (particulary those which hatch later than species of Lestinae). This supposition is supported by the fact of the strongly developed predaceous and cannibalistic habits observed in species Lestinae larvae (experiment II), and by the fact that the Coenagrioninae are weakened as a result of the winter. This may be one of the factors hindering the normal development of a population of a species of the subfamily Coenagrioninae.

It often happens that complete long-lasting drought renders the normal development of larvae of species of Coenagrioninae (K_7, Fig. 1) impossible. However, the drying up of a body of water, often shortlived, does not in itself appear to be basic to the qualitative composition of dragon-fly.

For example in K_6 complete drought (Fig. 1) lasted from 20th September till 20th October. After this period larvae of the species *Coenagrion hastulatum* were found living normally with traces of having survived drought (blackening of the cuticle, dark mask, deformed gills).

Experiment III was made in order to determine the ability of these larvae to survive drought and the results support the field observations mentioned above. It would appear that the generally accepted thesis that there is a difference between the types of species composition in small bodies of water which dry up and in those which do not and that the drying up of a body of water is a basic factor (Maslowski 1950 et al.) does not completely apply to the dragon-fly fauna (Fig. 2). Without doubt, under the influence of drought changes occur which affect the chemical and biological type of the body of water and which create characteristic conditions. Nevertheless there exist species such as *Lestes sponsa*, *L. nympha* and even to a certain extent *Coenagrion pulchellum* which live both in bodies of water which are permanent and in pools which dry up (Fig. 2). These species are distinguished by their considerable ecological plasticity: they occur in various bodies of water and they dominate in those bodies of water which dry up and where other species have been eliminated. In bodies of water which dry up for a short period (K_6, K_7, M_6), the domination of species of Lestinae continues to be considerable whereas Coenagriones are few and often perish in the course of their development.

Apart from the occurrence of species of Lestinae, small permanent bodies of water are characterized by a wide variety of species of Coenagrioninae which dominate here.

The field observations and the experiment described above permit the formulation of the following conclusions.

Taking the species composition of the larvae of the suborder Zygoptera into account we may divide small bodies of water into 1. those which dry up quickly in spring, with species of Lestinae; 2. those which rarely dry up completely but whose water level fluctuates considerably; Lestinae dominate and there are small numbers of species of Coenagrioninae which often perish during development; 3. those which are permanent: Coenagrionae dominate and Lestinae are few; 4. those without dragon-fly.

The occurrence of a definite species composition of Zygoptera in small bodies of water is most probably determined by the most general character of the surroundings.

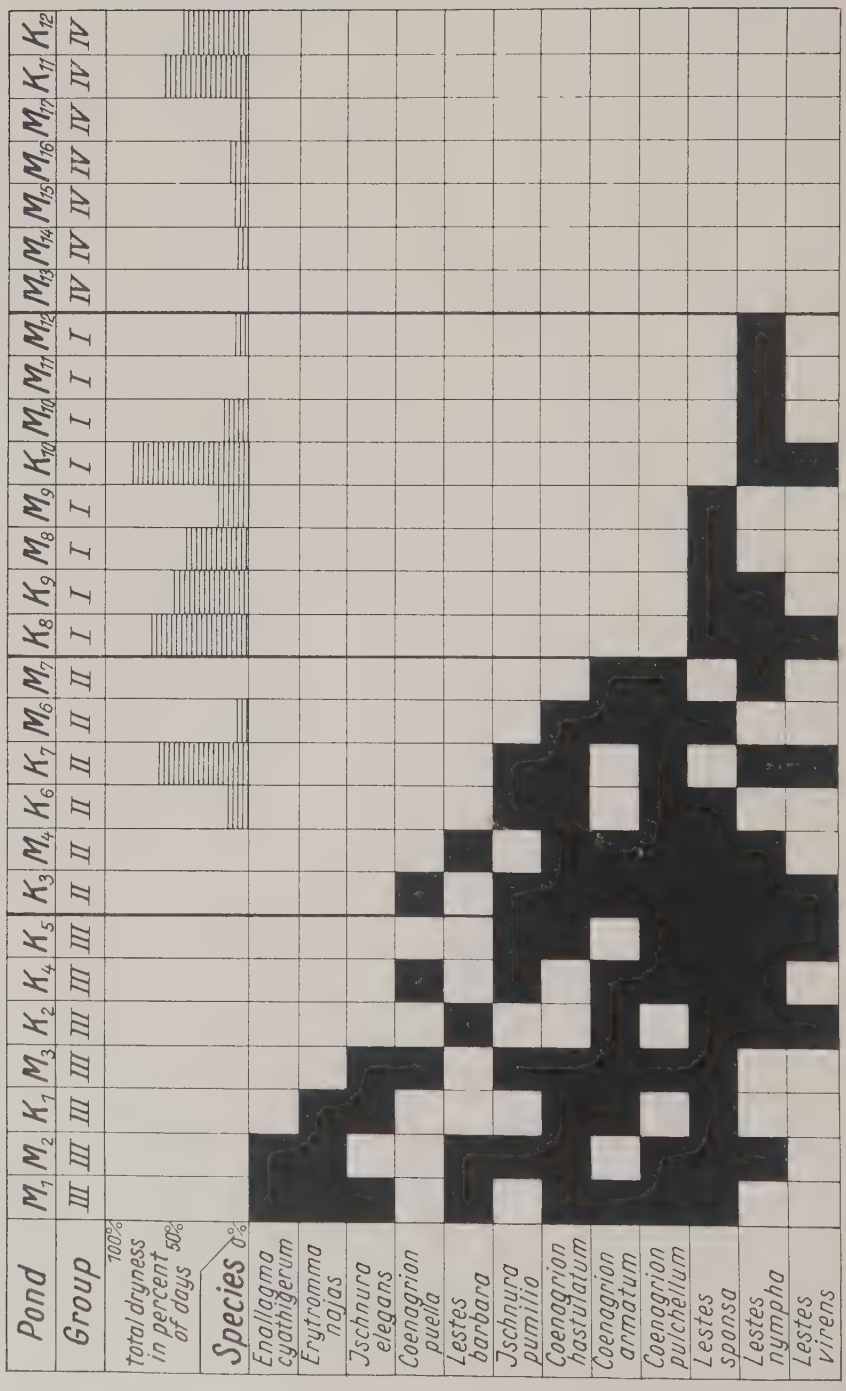


Fig. 2. Tital dryness of days in the ponds examined and distribution of dragon-flies.

It appears possible that a decisive influence on the occurrence of dragon-fly should be attributed to the floral character of the body of water and the accompanying fauna and not to the chemical properties of the water with respect to the bodies of water considered here.

Larvae of some species of Odonata (*Coenagrion hastulatum*, *C. pulchellum*, *C. puella*) certainly perish in large numbers in the process of their larval development. It seems as if they are eaten by other animals or if there is a lack of faunal food.

Species of Lestinae show greater ecological plasticity than species of Coenagrioninae, occurring both in bodies of water which dry up and in permanent ones. However, some species of Coenagrioninae (*Coenagrion hastulatum*) adapt themselves also to conditions such as are provided by a small body of water which is intermittent to such an extent that they can even survive a period of several days complete drought.

References

Chodorowska, W., & A. Chodorowski, 1958: Small pools in the Kampinos Forest. Ekologia Polska, B., **4**, 3.

Corbet, P. S., 1956: The life histories of Lestes sponsa (Hansemann) and Sympetrum striolatum. Tijds Ent. **99**.

Fischer, Z., 1959: Odonata in small pools situated in the environs of Mikolajki. Polskie Arch. Hydrobiol. **5** (XVIII), 2.

— 1960: The influence of some changes of environment on the development of Daphnia magna Straus and the larvae of the dragon-fly Lestes nympha Sel. Polskie Arch. Hydrobiol. 7 (XX).

Gardner, A. E., 1954: The life history of Coenagrion hastulatum. Ent. Gaz. **5**.

— & N. Mac Neill 1950: The life history of Pyrrhosoma nymphula (Sulzer) (Odonata). Ent. Gaz. **4**.

Gieysztor, M., 1934: Limnologische Untersuchungen an einigen Kleingewässern. Arch. Hydrobiol. i Rybactwa **8**.

Mac Neill, N., 1950: The nymph of Lestes sponsa (Hansemann). Ent. mon. Mag. London **86**.

Maslovskij, A. D., 1950: Dannyje k charakteristikie peresychajuščech vodajemov. Trudy N. Issl. Inst. Biol. Chark. Uniw. **14/15**.

Paschalski, J , 1957: Nabludennija nad sredoj peresychajuščich vodajemov okrestnostej goroda Warszawy. Predwaritelnoje soobščenija. Materiały XI Gidrochimičeskogo Soweščanija. Novočerkask. Gidrochimičeskij Institut ANSSSR.

Wesenberg-Lund, C., 1913: Odonatenstudien. Intern. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **6**.

— 1943: Biologie der Süßwasserinsekten. Berlin, Wien, Verl. Springer.

Zofia Fischer
Warszawa/Polska
I. B. D. Zakl. Hydr. Pasteura 3

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	276—281

E. A. Zelickman

Murman Marine Biological Institute of the
Academy of Sciences of the USSR

The behaviour pattern of the Barents Sea Euphausiacea and possible causes of seasonal vertical migrations

Contents

Introduction 276
Observations in the Barents Sea 277
Discussion 278
Conclusion 279
References 280

Introduction

The patchiness of plankton distribution has increasingly engaged the attention of hydrobiologists in recent years. This phenomenon may be clearly observed in several species of Euphausiacea (A. C. Hardy, 1956).

Observations showed that the adults of many species of euphausiids congregate mainly in small groups in the water column. At the surface of the water they sometimes form aggregations extending for many miles. Within these areas separate swarms are often observed. It is not clear whether the concentration of euphausiids arises solely as the automatic result of a combination of local hydrometeorological factors, or whether it follows from a display of active swarming behaviour under certain conditions.

Aggregation of euphausiids has often been attributed to hydrological factors, mainly to currents. This accumulation (D. Rustad, 1930; J. T. Ruud, 1932; A. C. Hardy and E. R. Gunther, 1935; F. S. Fraser, 1936; H. Peters, 1955, etc.) is considered to be peculiar primarily to the antarctic areas (though it is observed in other seas too), which are characterized by the phenomena of the polar front and by the existence of cyclonic current systems. In such waters we find abundant production of phytoplankton.

Ruud and other authors consider that the accumulation of euphausiids arises as the result of current eddies; in such eddies horizontal movement becomes slower and the plankton, transported by the currents, accumulates. This interpretation requires a definite complex of hydrological factors leading to the concentration of euphausiids and, simultaneously, to the development of a considerable biomass of phytoplankton. This interpretation does not explain why there are practically no other animals than euphausiids aggregated in the surface layers. Besides in the Barents Sea such aggregations occur in regions where there are no current eddies or divergences with upwelling.

Indirect evidence of the swarming behaviour of euphausiids is provided by analyses of the stomach contents of birds, fishes, and whales, which indicate that these animals feed on local groups of euphausiids of similar age. If there are different age groups of euphausiids in a stomach, they are arranged in separate layers (R. MacDonald, 1928; A. C. Hardy and E. R. Gunther, 1935; C. H. Hartley, J. Fisher, F. C. Stott, 1936; C. Zimmer, 1956). The large aggregations on the surface mainly consist of herbivorous euphausiids equipped with luminescent organs (C. Zimmer, 1956). In the crustacea, these organs are often thought to be concerned with signalling which could lead to swarming. Superpositional eyes (e. g. *Thysanoëssa*), which could recognize moving objects, may favour orientation in swarms of similar individuals.

Various terms have been used to designate mass concentrations of euphausiids. Here the term „accumulation" is used in the sense of a concentration of euphausiids in a definite layer of the water in which swarming behaviour may be absent. The word "swarm" is here applied only to aggregations resulting from the mutual reactions of a group of euphausiids.

Observations in the Barents Sea

The swarming effect is of interest, both as a biological phenomenon, and as a factor controlling euphausiid distribution. Data from about 5000 samples collected during the last six years in the southern part of the Barents Sea (from Motovsky Bay to Kolguev Island and from coast up to 73 °N.) throw some light on this question. Three species have been studied: the oceanic *Thysanoëssa longicaudata* Krøyer and the neritic *T. inermis f. inermis* (Krøyer), *T. inermis f. neglecta* (Hansen), *T. raschii* (M. Sars). Only the males and females of *T. inermis* and *T. raschii*, from 18 to 35 mm long (mainly 24—32 mm), would rise up to the sea surface at the beginning of biological spring: sometimes in the case of local inversion of biological processes in the sea they would rise in the other biological seasons.

A priori we believe that such species as *T. inermis* and *T. raschii*, which depend in one way or another upon the degree of development of phytoplankton, must form concentrations in association with patches of phytoplankton "bloom" (E. A. Zelickman, 1958; M. M. Kamshilov, E. A. Zelickman, M. I. Roukhijainen, 1958). In this connection the swarming behaviour evidently allows the euphausiids to use territorially limited food resources as fully as possible, and this type of behaviour is advantageous for these species.

Analyses of the data show that the above-mentioned euphausiids begin to exhibit swarming behaviour during the ripening of gonads and that this behaviour is particularly clearly expressed in the last phase of ripening, when the euphausiids rise up to the surface layers. During this rise, the individuals with the ripest gonads are possibly the leaders.

Our data show that swarming behaviour is found only in individuals reaching the size of maturity at, apparently, the age of two years.

At any one time, the euphausiids which had risen to the surface consisted of one, two or sometimes three species. *T. inermis* or *T. raschii* were predominant, making up 70—90% of the total. Copulation took place in deeper layers where, at depths of 100—200 m in March, a high percentage of females with spermatophores was recorded. According to our data, the swarming aggregations were formed by individuals not reproducing at that time.

The number of euphausiids in each aggregation is enormous. For example, on 18 July 1957, during a 10 minute tow, more than 8000 specimens of *T. raschii* were

caught at the surface with a silk ringtrawl of 80 cm diameter. Incidentally, all the aggregations observed took place in calm, sunny weather.

A striking example was the accumulation of *T. raschii* observed from the research vessel „Diana" at 15.00 on 18 July 1957. The euphausiids were concentrated in an area of nearly 9 square miles. Observations were made at a station 1.5 miles from the shore on the traverse of Cape Svyatoy Nos. The euphausiids were observed swimming singly and in swarms. The swarms were of two types: ball-shaped and 0.5—2 m in diameter, and band-shaped, 5 m long and nearly 1 m wide. The general mass of the euphausiids was concentrated in the top two metres. A vertical haul with a silk ring-trawl caught only 60 individuals of *T. raschii*, while the surface horizontal catch mentioned above brought about 8000 euphausiids. A Juday plankton net of 36 cm diameter did not catch any.

From the ship the swarms of bright pink euphausiids looked like reddish-brown stains. Most of the euphausiids within a radius of 5 m from the approaching ship tried to avoid it, but failed even at a very slow ship speed. In some places the capelins, *Mallotus villosus*, dived below the euphausiid swarms and devoured them. They were also devoured by gulls (*Rissa tridactyla*, *Larus argentatus*). During two hours of observations each swarm maintained its unity.

Hydrometeorological conditions at the time were as follows: cloudless; a very weak easterly wind; the second hour of the tidal fall; a smooth sea surface (or with light ripple); transparency of the water (by Secchi disc) was 14.5—15 m; depth 40 and 70 m, mainly 50 to 60 m. In this region there was intensive mixing as well as a strong current and the water was homothermal at 5.4°—5.5°C. Outside the area where the euphausiids were swimming the surface temperature of the coastal water reached 7° (down to 25 m depth). The salinity of the upper 5 m in the area of the euphausiids accumulation and at neighbouring stations was similar and fluctuated between 34‰ and 34.4‰. (All other euphausiid aggregations were observed in areas with considerable vertical temperature and salinity gradients.)

The aggregated population consisted exclusively of *T. raschii* in the proportion of 63.3% ♀♀ and 36.7 ♂♂. Representatives of other euphausiid species were not found. The females range from 27 to 32 mm in length and carried oocytes of the I, II, III, IV ripening stages, in the following respective percentages: 3,6, 10,8, 46,8 and 38,1. No females contained eggs ready to hatch. The stages of oocyte ripening are designated according to Zelickman (1958a).

At the time when the euphausiids were caught, no phytoplankton "bloom" was observed, although phytoplankton was abundant in the region just before concentration of the animals. No other zooplankton was found within the zone of the euphausiid aggregation.

Discussion

As a rule, the rise of the Barents Sea and North Atlantic euphausiids to the surface occurs in the period of the winter homoiothermia and minimum temperature, before the beginning of the spring phytoplankton outburst (B. P. Manteufel, 1941; Einarsson, 1945; Zelickman, 1958). At this time, the only changing factor is illumination, but this cannot be the only and universal signal telling the animals that phytoplankton is developing, since the rise and aggregations of euphausiids sometimes occur before the phytoplankton increase or during its decrease.

The explanation of the upward migration of the euphausiids and the associated swarming behaviour should be sought in the animal's biology — in food relationships

and reproduction. To study this phenomenon we must take into account the physiological state of the animals and consider other examples of gregarious behaviour in the animal kingdom. The survival value of this behaviour, if any, can only be judged in the light of environmental conditions existing at the time. We believe that adaptation to the complex of abiotic factors is in general determined solely by biotic relationships including food (D. Lack, 1954; M. M. Kamshilov, 1957, 1958). It is possible that aggregations and swarms of the euphausiids are connected, not only with the meeting of the sexes, but also directly or indirectly with the securing of food for parents and future generations. Positive correlation between euphausiid numbers and abundance of phytoplankton could only have originated from natural selection if it represented a nutritional advantage.

The significance of light in the upward migration of euphausiids has been already mentioned. Phytoplankton growth is also controlled by light, and in the pre-spawning stage it is especially important for the euphausiids to secure the nourishment for the future generation in proper time. The light factor itself might also be of importance, for example in its effect on the readiness of gonads for reproduction. The reaction of the euphausiids to the light is possibly connected with photochemical processes controlling the transformation of carotenoids (taken in as food) into vitamin A.

M. S. Kun (1955) has noted an irregular migration of *Calanus tonsus* and Far East (Pacific) euphausiids up to the surface in sunny weather. She supposes that such migrations are connected with biochemistry of digestion of carotenoids assimilated from vegetable cells. M. S. Kun believes that a transformation of carotenoids into vitamin A is stimulated by ultra-violet radiation. L. R. Fisher, S. K. Kon and S. V. Thompson (1953, 1954, 1955) showed that, in comparison with the other crustacea, the euphausiids (in particular genus *Thysanoëssa*) are the richest in both astaxanthin and vitamin A, the latter being accumulated in the eyes. The euphausiids show seasonal variations in the reserves of substances mentioned above, which are being accumulated more rapidly in spring and in autumn, i. e. in the period of the diatom maximum. (It should also be remembered that euphausiids may feed on other copepods which have been feeding on phytoplankton).

Among the Barents Sea euphausiids only the neritic *T. inermis* and *T. raschii* are notable for the swarming behaviour. The coastal forms live under more complex and labile environmental conditions than do the oceanic forms (for example, *T. longicaudata*). Besides, the planktonic carnivores feeding on the euphausiids are more strongly represented in the coastal area, and the euphausiids are more intensively grazed there. Thus, biotic relationships are also more complicated in the coastal area, and swarming euphausiids may exhibit there a more pronounced ability to develop complex and perhaps temporary behaviour patterns (cf. Arapetyants 1949).

Conclusion

In the author's view, swarming behaviour is a favourable adaptation in that it helps males and females to gather for copulation in the lower layers of the water and, at the surface, enables transitory phytoplankton "blooms" — arising as a result of upwelling or other hydrographic factors — to be exploited to the full. The upward migration is regarded as a complex conditioned response triggered by environmental stimuli, the most important of which may be light. This proposed explanation of the observations does not of course exhaust all aspects of the biology of these highly organized crustaceans. Besides, the explanation is subject to confirmation by experiments, which the author hopes to undertake. The aim of the present paper is to

demonstrate the probability of a physiological interpretation of the problem of accumulation of the euphausiids and the importance of biological factors in its solution.

References

Айрапетьянц Э. Ш., 1949: Общебиологическое значение принципа временных связей. Журнал общей биологии **10**, 5,386—401.
(Airapetyants, E. Sh., 1949: General biological importance of the principle of the temporary nervous connections. Zhurnal obshchei biologii **10**, 5, 386—401.)

Einarsson, H., 1945: Euphausiacea. I. Northern Atlantic species. "Dana"-Reports **27**. Ver. Blanco Luno. Copenhagen, 1—191.

Fisher, L. R., S. K. Kon, S. Y. Thompson, 1953: Vitamin A and carotenoids in some Mediterranean Crustacea with a note on the swarming of Meganyctiphanes. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco Nr. 1021, 1—19.

— 1954: Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates. II. Studies of seasonal variations in some marine Crustacea. J. Mar. Biol. Ass. **33**, 3, 589—612.

— 1955: Vitamin A and carotenoids in certain invertebrates. III. Euphausiacea. Ibid; **34**, 1, 81—100.

Fraser, F. S., 1936: On the development and distribution of the young stages of krill (Euphausia superba). Discovery Rep. **14**, 1—192.

Hardy, A. C., 1956: A further example of the patchiness of plankton distribution. Deep Sea-Research, suppl. to vol. **3**, 7—11.

— and E. R. Gunther, 1935: The plankton of South Georgia Whaling Grounds and adjacent Waters 1926, 1927. Discovery Rep. **II**, 1—456.

Hartley, C. H. & J. Fisher, 1936. The marine foods of birds in an inland fjord region in west Spitsbergen. Part 2. Birds. J. Anim. Ecol., **5**, 2, 1—102.

Камшилов, М. М., 1957: Научные проблемы прибрежного промысла Восточного Мурмана. Труды Мурманской Биологической Станции. т. 2, 5—20.
(Kamshilov, M. M., 1957: The scientific problems of the coastal sea-fisheries of East Murman. Trudy Murm. Biol. Stantsii t. **2**, 5—20.)

— 1958: Некоторые теоретические итоги исследований Мурманской Биологической Станции. В сборнике „Закономерности скоплений и миграций промысловых рыб в прибрежной зоне Мурмана и их связь с биологическими, гидрологическими и гидрохимическими процессами". Изд. Акад. Наук СССР, 259—269.
(Kamshilov, M. M., 1958: Some theoretical results of the research of Murman Biological Station. Collected articles "Dependence of the accumulation and migration of the commercial fishes in the Murman coastal waters and their connection with biological, hydrological and hydrochemical processes"). Isdat. Akad. Nauk SSSR, 259—269.

, Э. А. Зеликман, М. И. Роухияйнен, 1958: Планктон прибрежья Мурмана Изд. Акад. Наук СССР, 59—103.
(Kamshilov, M. M., E. A. Zelickman, M. I. Roukhiyainen, The plankton of the Murman coastal waters. Ibid. 59—103.)

Kon, S. K., 1954: Vitamine A des invertébrés marins et métabolisme des caroténoides du plankton. Bull. Soc. Chim. biol. **36**, 2—3, 32—78.

Кун, М. С. 1955. О причинах различного поведения скумбрии. Труды Тихоокеанского инст. морского рыбного хозяйства и океанографии **43**, 206—208.
(Kun, M. S., 1955: About reasons of various behaviour of Mackerel. Trudy Tikhookeanskogo inst. morckogo rybnogo khozyaistva i okeanografii **43**, 206—208.)

Lack, D., 1954: The natural regulation of animal numbers. Oxford. Clarendon Press. 1—279.

MacDonald, R., 1927: Food and habits of Meganyctiphanes norvegica. J. Mar. Biol. Ass. **14**, 3. 753—781.

Мантейфель, В. П., 1941: Планктон и сельдь в Баренцевом море. Труды Полярного инст. морского рыбного хозяйства и океанографии **7**, 125—216.
(Manteufel, B. P., 1941: Plankton and herring in the Barents Sea. Trudy Polarnogo inst. morskogo rybnogo khosyaistva i okeanografii **7**, 125—216.)

Peters, H., 1955: Über das Vorkommen des Walkrebschens Euphasia superba Dana und seine Bedeutung für die Ernährung des südlichen Bartenwale. Arch. Fischerei Wiss. **6**, 5—6, 288.

Rustad, D., 1930: Euphasiacea with notes on their biogeography and development. Sc. Result. Norweg. Antarct. Exped. **I**, 5, 1—83.

Ruud, J. T., 1932: On the biology of southern Euphausiidae. Hvalrådets skrifter No **2**, 1—105.

Stott, F. C., 1936: The marine foods of birds in an inland fjord region in west Spitsbergen. Part I. Plankton and inshore benthos. J. Anim. Ecol. **5**, 2, 103—172.

Зеликман, Э. А., 1958а: Материалы о распространении и размножении эвфаузиевых рачков в прибрежной зоне Мурмана. Труды Мурман. Биол. Станции **4**, 79—118.
(Zelickman, E. A., 1958a: Data about the euphausiids distribution and breeding in the Murman coastal waters. Trudy Murman. biol. stantsii, **4**. 79—118.)

— 1958б: О созревании гонад и плодовитости самок массовых видов баренцевоморских эвфаузиид. Доклады Акад. Наук СССР **118**, 1, 201—204.
(Zelickman, E. A., 1958b: About ripening of gonades and fertility of females of mass species of the Barents Sea euphausiids. Dokl. Akad. Nauk SSSR **118**, 1, 201 –204.)

Zimmer, C., 1956: Euphausiacea. In: Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. 5, Abt. I, Buch 6, Teil 3, Lief. 2. 162—271. Akadem. Verlagsgesellsch. Leipzig.

Dr. E. A. Zelickman
Murman Marine Biological Institute of the Academy of Sciences of the USSR,
Dalnije Zelentsy, Murman Region.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	282—287

M. M. Kamshilov

Murman Marine Biological Institute of the Academy of Sciences of the USSR

Some long-term changes in the fauna and biological productivity of the Barents Sea and their causes

1.

Long-term changes in fauna and biological productivity of a sea are closely related to geological, hydrometeorological, biotic, and anthropogenous factors. Not all of these factors can be analysed directly. This paper examines the influence exerted by some observable factors upon the Barents Sea organisms and biological productivity.

A complex study of the Barents Sea was started by N. M. Knipovich (1938) at the close of the last century and then continued by many outstanding investigations (Zenkevich, 1947, 1951). In particular, long-term thermal changes of this body of water were registered. The long-term mean temperature for the period between 1934 and 1952 was half degree higher than that for the period between 1900 and 1934. The rate of warming for the period between 1929 and 1940 averaged 0.05 °C per year. Since 1945 and up to 1957 there was a fall in temperature averaging 0,0055 °C per year. The warming and cooling processes proceeded irregularly: relatively warm years alternated with cold ones.

Under the influence of this rise in temperature the range of the second generation of the copepod *Calanus finmarchicus* has extended eastwards (Kamshilov, Zelickman, Roukhiyainen, 1958); the importance of the Euphausiids, and of their warm-water form, *Meganyctiphanes norvegica*, in particular, has increased; in some years which were especially warm (1950, 1954) such thermophilic forms as *Physophora hydrostatica*, *Lepas anatifera* penetrated into the eastern Murman waters; the significance of boreal elements in benthic fauna has increased; the migration of the young atlantic herring, immature cod and haddock has advanced far to the east; the spawn of the native cod has been found spreading up to the cape of Svyatoy Nos; in August 1958 its larvae were found near the southern extremity of Novaya Zemlya.

However it would be incorrect to consider temperature to be the principal factor determining long-term changes of fauna and biological productivity of the sea.

The data on thermal conditions, contents of nutrient salts, and development of phyto- and zooplankton, as well as on catches of the gadoid in the coastal waters for the period between 1953 and 1958, are shown in Table 1.

The relatively cold year 1958 is distinguished by the maximum development of phytoplankton. The same year is noted by the greatest zooplanktonic biomass, too. Greatest biomasses of *Calanus* were observed in 1954, the warmest year for this six year period, and in 1958, a relatively cold one. The maximum catch of gadoid was recorded in 1955, a year which was distinguished neither by thermal conditions, nor

by biological productivity. Thus, there are no reasons for connecting productivity of waters only with their thermal conditions. No connection is found either between biological productivity and those changes of salinity which are common in the Barents Sea coastal waters.

A regular decrease of nitrate and some increase of inorganic phosphorus was observed during the period between 1953 and 1958. The ratio of inorganic nitrogen to inorganic phosphorus became much lower. These changes in the content of nutrient salts exerted no appreciable influence on biological productivity either. Obviously an interdependence between the productivity of phyto- and zooplankton, on one hand, and the concentration of nutrient salts in water, on the other hand, is far from being direct, though it is quite clear that phytoplankton cannot develop without nutrients salts.

The changes in biomass and productivity of zooplankton in the Barents Sea coastal waters, which were quantitatively analysed over six years, could not be explained either by thermal conditions, or by salinity changes, or even by the content of nutrient salts. A direct connection between zooplankton and phytoplankton could not be established, though it is clear that a development of the former depends on the latter. Some years (1954) are characterized by a relatively poor phytoplankton and a strong development of zooplankton, while others show the opposite relations. An especially intensive development of phyto- and zooplankton was recorded in 1958.

2.

The extent of biological productivity is closely related to various complex interrelations between organisms (Kamshilov, 1958) including the so-called „grazing" factor (Nielsen, 1955).

Table 1. The changes of temperature, content of the nutrient salts, plankton productivity and catch of gadoids in coastal waters over a period of six years

Years	Average annual temperature		Spring maximum of nitrates in mg N/m³		Spring maximum of phosphates in mg P/m³		Ratio N/P		Number of phytoplankton cells in mid-April in million cells in m³	Maximum zooplankton biomass in mg/m³	Maximum *Calanus* biomass in mg/m³	Gadoid catch in centners[1]) per square km per year
	layer 0—50	near the bottom	layer 0—50	near the bottom	layer 0—50	near the bottom	layer 0—50	near the bottom				
1953	4.28	2.46	90	80	19	10	4.7	8.0	no data	287.0	134.0	45.2
1954	4.84	3.17	90	95	26	28	3.4	3.4	≈80	300.0	262.0	42.6
1955	4.19	2.84	80	80	38	38	2.1	2.1	164	291.0	61.3	88.6
1956	3.67	2.13	70	80	30	30	2.3	2.7	262	93.2	49.0	61.7
1957	4.37	2.62	70	70	31	31	2.2	2.2	106	45.7	23.3	19.4
1958	3.80	2.56	50	70	26	32	1.9	2.2	1976	337.0	237.0	≈16.6

[1]) 1 centner = 100 kg

An important member of the plankton of coastal waters is the copepod *Calanus finmarchicus*. Its development is limited however by the numbers of ctenophores *Bolinopsis infundibulum* and *Pleurobrachia pileus* which prey upon it (Bigelow, 1926; Lebour, 1923; Russell, 1934; Manteufel, 1941). The occurrence of these two ctenophore species was studied at stations on six standard sections of the Murman coastal waters. At the same time the „coefficient of *Calanus* elimination" in each section was calculated, to which it is preyed upon. The coefficient of correlation between the numbers of ctenophores and the coefficient of *Calanus* elimination was found to be 0.933 ± 0.058. This is a proof of that *Calanus* elimination depends directly upon the number of ctenophores.

A considerable decrease of the *Calanus* biomass in 1955, in spite of very favourable food and hydrological conditions, was shown to be the result of a sudden increase in numbers of plankton-eating ctenophores. The same cause resulted in a decrease of zooplanktonic biomass in 1957 (especially of *Calanus* and Euphausiid juveniles). It is characteristic that in that year the rich zooplanktonic biomasses at some stations were formed at the expense either of ctenophores or of adult Euphausiids which cannot serve as a food for the former.

The development of the plankton-eating ctenophores *Bolinopsis infundibulum* and *Pleurobrachia pileus* is hampered by a third ctenophore, *Beroë cucumis*, for which the former two species are the main sources of food. Thus, a sudden development of *Calanus* occured in 1954 after large numbers of *Beroe cucumis* had eaten up the plankton-eating ctenophores. In 1958 a great production of zooplankton was brought about by a large number of *Beroë cucumis* together with an extremely rapid development of food phytoplankton. In 1957, the year of the lowest population of *Calanus finmarchicus*, *Beroë cucumis* was hardly found at all.

The study of seasonal vertical migrations shows some interesting relations between *Calanus*, *Bolinopsis*, and *Beroë cucumis*. In late summer *Calanus* sinks down, *Bolinopsis* follows it, and in spring the rise of the former is again accompanied by that of the latter. This is explained by the peculiarity of food relations existing between *Calanus*, *Bolinopsis*, and *Beroë cucumis*. It turned out that the fat of *Calanus* passes firstly into the digestive tract of *Bolinopsis* remaining relatively unaltered, and then it passes into the digestive tract of *Beroë cucumis*. Thus, a remarkable shift in specific gravity takes place by means of the transference of buoyant material from one member of the food chain to the other, and then to the third. In winter (December, January, and February) the ctenophores are at near-bottom levels where they serve as food for the gadoids. Special studies of the regularity of grazing on the ctenophores by the cod have shown that the cod finds *Beroë* very quickly and eat up, while refusing *Bolinopsis*. By grazing on *Beroë*, the cod exert a very strong influence on the development of the copepod plankton. Thus, it was found that the production of *Calanus* is controlled not only by its consumers (the herring, capelin, plankton-eating ctenophores), but also by the feeding habits of those fishes which do not prey on it directly. In fact, the years when the cod approaches to the coast in masses, 1955 and early 1956, were characterized by a nearly catastrophic decline in the quantity of *Calanus*. In the period from the second half of 1956 up to the end of 1958 the quantity of gadoids in coastal waters decreased sharply, while the numbers of *Beroë cucumis* began increasing. In 1958, when this ctenophore had appeared in especially large quantities, the biomass of *Calanus* considerably increased. The examples mentioned show the significance of biotic connections and relations. In contrast to the hydrometeorological factors — which usually act as non-specific, limiting, or redistributing

ones — the biotoc factors appear to be highly specific, exerting a selective influence upon particular parts of the food network (not a chain !), which regularly results in the rebuilding of the whole of the net.

Particularly large quantities of plankton-eating ctenophores develop in the Murman shallow coastal waters, while in the open sea their numbers are much smaller, being quite small in the Norwegian and Greenland Seas (according the data from the Polar Institute and Wiborg, 1954). This seems to be the reason why the maximum biomass of the copepod plankton are higher in the Norwegian and Greenland Seas than in the Barents Sea. In the absence of such rapidly breeding rivals as the plankton-eating ctenophores, the herring have a more steady food supply in the Norwegian and Greenland Seas than in the Barents Sea, to say nothing of the Murman coastal waters. There is every reason to suppose that this rival relationship with the ctenophores is the main cause of the Atlantic herring food migrations. Large herrings do not come, as a rule, into the Barents Sea for feeding (Marty, 1956).

Predation on crustacea by ctenophores results in poor utilization of the phytoplankton by the zooplankton. A relatively great mass of microscopic algae then becomes a prey of the bottom-living invertebrates. In fact, the benthic fauna of the Barents Sea, particularly in shallow water, is comparatively very rich, which favours a development of the plaice and attracts haddock shoals for feeding.

The concept of the controlling significance of biotic relations in the productivity of sea permits, therefore, a new approach in solving the problem of food migrations of various fish.

3.

When studying the influence of hydrometeorological factors on the life process of one or another species, one often notices regular changes in the biological processes, resulting from changes in these factors. For instance, it is often simple to show how the appearance of an organism changes after moving from one habitat to another. The knowledge of changes in the temperature gradient during a year, for instance, often permits prediction of the displacement direction of commercial stocks and the peculiarities of the distribution of various invertebrates species.

However, the gradient conditions exert a controlling influence upon the distribution and migration of organisms only when conditions are simple, for instance a single species in a single gradient. But if there are two gradients, for instance temperature and salinity, the situation becomes complicated. It grows even more complicated when there appear complexes of organisms connected by some biological relations. These relations make animals, in searching food or breeding places, move away from the optimum, and change the latter during the life cycle. Rapidly arising conditional connections are of great importance in animal behaviour. The young herring, dwelling in the Institute aquarium, usually move from the light source. However, after a number of combinations of lighting and feeding, light becomes an attractive factor (Airapetyants, unpublished). Starfish start moving towards an illumnated square after a number of lighting-feeding combinations (Sokolov, unpublished), etc.

Physical gradients lose their absolute significance as controlling factors and reduce to the role of indices of optimal relations in the history of a species, or of signals acquired in the course of the life of an individual. Relations between organisms and separate factors of the physical environment are actually not so simple and clear as

they seemed to be before. Biological peculiarities of species, biological adjustments, and complicated relations between species are first and foremost. Mutual relations between organisms are, naturally, not limited by apparent interspecific and intraspecific connections such as producer -- consumer, predator — prey, parasite — host, parent — descendant, and the like. There exist relations which are less apparent. For instance, at least a half of all marine algal flagellates and diatoms require an exogenous source of B_{12}-vitamin produced mainly by certain bacteria (Cowey, 1956; Starr, 1956; Droop, 1957; Daisley and Fisher, 1958), and therefore depend directly upon the latter. Among various bacterial forms there were found complicated antagonistic relations as well as relations based on amino acid exchange. Among multicellular animals there prevail the usual food relations, while among unicellular organisms chemical interrelationships are of decisive importance, which is also characteristic of eggs and larvae of multicellular animals. The ecology of eggs and embryo differs greatly from that of adult forms (Tokin, 1955).

The influence of biotic factors, comprising various forms of interactions between organisms at every stage of their development, is always more multiform than the influence of a complex of hydrometeorological conditions. Biotic factors are therefore decisive in the formation of biogenous products.

In studying long-term changes of fauna and biological productivity, processes of different periodicity are important. The development of most plankton, as well as the intensity of many hydrometeorological factors (temperature, light, nutrient salts), is subordinated to the annual seasonal rhythm. In the sea, however, there occur phenomena and processes of other than annual periodicity, for instance the warming since the beginning of this century, and cyclic changes in many commercial fish and bottom-dwelling invertebrates and in fisheries. Non-annual periodicities are imprinted on annual cycles, because all these processes taking place in a sea are interconnected. Each year usually differs, therefore, from previous years. For instance, in 1957 we met with „the heritage" of 1956 in the form of a large amount of ctenophores, which was not but reflected on the specific nature of biological productivity processes. A violent development of *Beroë* resulted in the high productivity of *Calanus* in 1954 and 1958.

The principal reason of the long-term changes of fauna and biological productivity of the sea is to be looked for in the peculiarities of life cycles of interrelated species developing under the conditions of changes of hydrometeorological factors.

References

Bigelow, H. B., 1926: Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. Bull. U. S. Fisheries **40**, 1—509.

Cowey, C. B., 1956: A preliminary investigation of the variation of vitamin B_{12} in oceanic and coastal waters. J. Mar. Biol. Ass. **35**, 609—620.

Daisley, K. W., and Fisher, L. R., 1958: Vertical distribution of vitamin B_{12} in the sea. J. Mar. Biol. Ass. **37**, 683—686.

Droop, M. R., 1957: Vitamin B_{12} in Marine Biology. Nature **180**, 1041—1042.

Lebour, M. V., 1953: The food of plankton organisms. J. Mar. Biol. Ass. **13**, 70—92.

Marshall, S. M., and Orr, S. P., 1955: Biology of a marine Copepod. Oliver and Boyd, Edinburgh-London. 1—189.

Russell, F. S., 1934: The zooplankton III. A comparison of the abundance of zooplankton in the Barrier Reef lagoon with that of some region in northern European waters. Sci. Rep. Tr. Barrier Reef Exped. **2**, 176—185.

Starr, T. J., 1956: Relative amount of vitamin B_{12} in detritus from oceanic and estuarine environment near Sapelo island, Georgia. Ecology **37**, 4, 658—664.

Steemann-Nielsen, E., 1955: Production of organic matter in the oceans. J. Mar. Res. **14**, 4, 374—387.

Wiborg, K. F., 1954: Investigations on zooplankton coastal and offshore waters of Western and Northwestern Norway. Rep. Norweg. Fish. Mar. Invest. **11**, 1, 1—213.

Камшилов, М. М., 1955: Питание гребневика Beroë cucumis. Доклады АН СССР **102**, 2, 399—403.
(Kamshilov, M. M., 1955: The feeding of ctenophores Beroë cucumis. Dokl. Akad. nauk SSSR **102**, 2, 399—403.)

Камшилов, М. М., 1958: Некоторые теоретические итоги исследований Мурманской биологической станции. В. сб. „Закономерности скоплений и миграций промысловых рыб в прибрежной зоне Мурмана" 259—269, Изд-во АН СССР.
(Kamshilov, M. M., 1958: Some theoretical results of the research of Murman Biological Station. Collected articles „Dependence of the accumulation and migration of the commercial fishes". Izdat. Akad. nauk SSSR, 259—269.)

Камшилов, М. М., Э. А. Зеликман, М. И. Роухияйнен, 1958: Планктон прибрежья Мурмана. Там же 59—103.
(Kamshilov, M. M., Zelickman, E. A., and Roukhiyainen, M. I., 1958: The plankton of the Murman coastal waters. Ibid., 59—103.)

Книпович, Н. М. 1958: Гидрология морей и солоноватых вод. Пищепромиздат. 1—510.
(Knipovich, N. M., 1938: Hydrology of seas and brackish waters. Pishchepromizdat. 1—510.)

Мантейфель, Б. П., 1941: Планктон и сельдь в Баренцевом море. Труды Полярного института морского рыбного хозяйства и океанографии **7**, 123—218.
(Manteufel, B. P., 1941: Plankton and herring in the Barents Sea. Tr. Polarn. inst. morsk. rybn. khosyaistva i okeanogr. **7**, 123—218.)

Марти, Ю. Ю., 1956: Сельди северо-европейского бассейна и смежных морей. Труды Полярного института морского рыбного хозяйства и океанографии вып. **9**, 5—62.
(Marti, J. J., 1956: The herrings of north-european basin and adjacent seas. Ibid. **9**, 5—62.)

Зенкевич, Л. А., 1947, 1951: Фауна и биологическая продуктивность моря, тома I, II, Изд—во „Советская наука". 1—504, 1—588.
(Zenkevitch, L. A., 1947, 1951: Fauna and biological productivity of the seas. Bd. I, II. Izd. „Sovetskaya nauka". 1—504, 1—588.)

Dr. M. M. Kamshilov,
Murman Marine Biological Institute of the Academy of Sciences of the USSR,
Dalnie Zelentsy, Murman Region

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	2	1961	288—291

Heinz Löffler

II. Zoologisches Institut der Universität Wien

Vorschlag zu einem automatischen Schlämmverfahren

In zunehmendem Maße wird nunmehr auch innerhalb der limnischen Lebensräume die Meiofauna quantitativen Untersuchungen unterzogen, nachdem Jahrzehnte hindurch derartige Bestandsaufnahmen fast ausschließlich auf Insektenlarven, vor allem Chironomiden, beschränkt waren. Doch während innerhalb des marinen Bereiches von den betreffenden Tiergruppen bereits ein repräsentatives Zahlenmaterial vorliegt, sind entsprechende Vergleichswerte etwa von Nematoden oder auch Ostrakoden für Binnenseen nur in sehr spärlichem Ausmaß vorhanden. So bei Brundin (1949), bei Juget (1956), um Beispiele der neueren Literatur zu nennen. Der Grund hierfür liegt nicht nur darin, daß manche dieser Tiergruppen (wie etwa die Nematoden) innerhalb der Gesamtbodenfauna einen prozentual geringeren Anteil stellen als im marinen Bereich, sondern auch in der um mehrere Zehnerpotenzen geringeren Individuendichte der Meiofauna limnischer Böden, die eine quantitative Erfaßbarkeit außerordentlich erschwert. Sind etwa im marinen Sublitoral bis zu 1,86 Millionen Individuen/m^2 (Meiofauna) bekannt geworden (vgl. Wieser 1960), so liegen diese Werte im Litoral der Seen wohl bei bis > 50000, doch sind auch Werte $< 2000/m^2$ keine Seltenheit. Im marinen Bereich kann man daher auch mit den verhältnismäßig geringen Proben des „Core-Samplers" auskommen und die Meiofauna durch Dekantieren von Sand und anderem schwereren Material oder aber durch Zentrifugieren mit Sirup rasch gewinnen. Um aber in Seen zu brauchbaren Resultaten zu gelangen, sind Bodengreifer erforderlich, mit denen man wenigstens 100 bis 150 cm^2 Bodenfläche ausschneiden kann, was bei einer Höhe der Schlammsäule von 20 cm schon 600 cm^3 Bodenmaterial entspricht. Das weitere Verfahren des Auslesens beschränkt sich dann in den meisten Fällen auf einen Filtriervorgang (Maschenweite 0,6 bis 0,7 mm), worauf schließlich das Filtrat unter dem Binokular zu untersuchen ist. Dies bedeutet Zeitverluste, die mit dem Gewinn kaum mehr in Einklang zu bringen sind. Deshalb mußte die Anwendung eines weitgehend automatisierten Verfahrens in besonderem Maß wünschenswert sein, wobei jedoch an eine zweckdienliche Apparatur besonders die Forderung einer schonenden Behandlung aller Partikel zu stellen war. Der im folgenden zu beschreibende Schlämmapparat dürfte diesem Wunsch weitgehend entsprechen.

Das vorgeschlagene Gerät ist mit Ausnahme der Bronze-Filter aus Plexiglas gefertigt und besteht im wesentlichen aus einem zerlegbaren, einem quaderförmigen Sockel aufsitzenden Zylinder mit Filtersatz und einem Heber, der bei entsprechendem Wasserstand im Zylinder die Wassersäule absaugt, deren ständige Erneuerung durch den engeren Eingang (Abb. 1 A, rechts) am Sockel gewährleistet ist. Dadurch, daß die Filter (im vorgeschlagenen Modell mit Maschenweiten von 4—2—1—0,5—0,1 mm) von oben nach unten an Maschenweite abnehmen, wird die auf dem gröbsten und

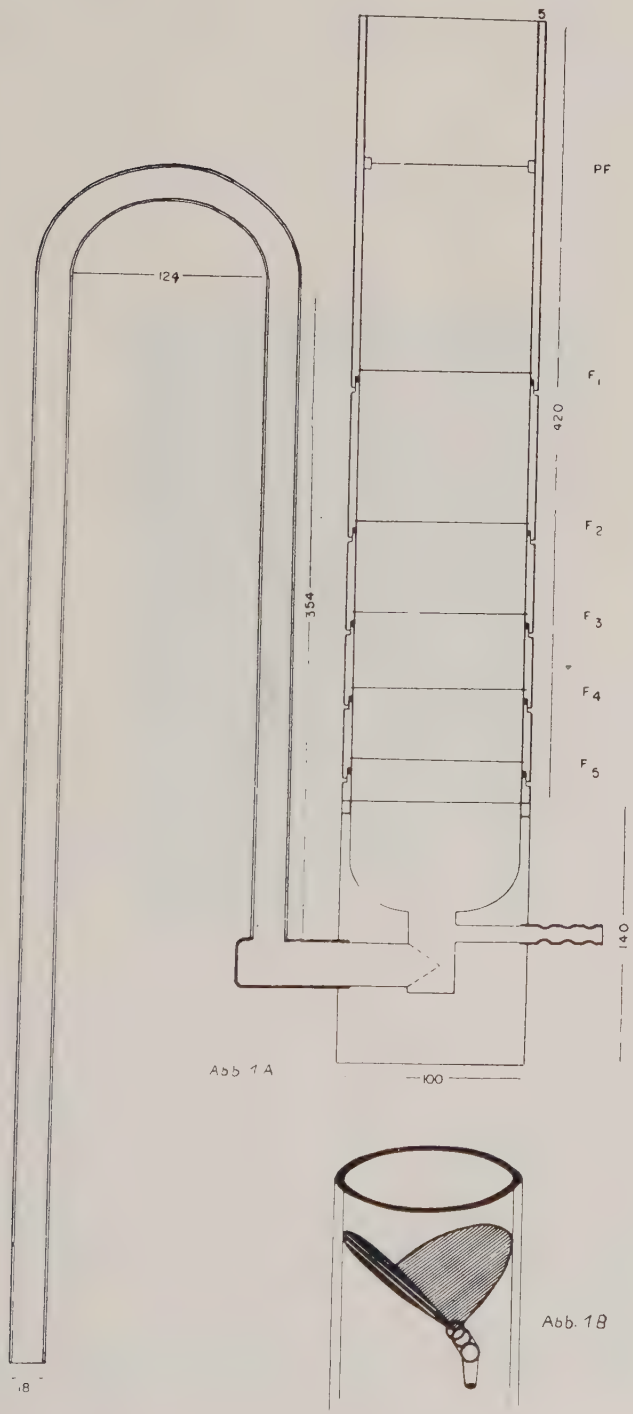


Abb. 1.

zugleich zuoberst gelegenen Filter eingebrachte Probe durch eine ständig steigende und wieder fallende Wassersäule bespült und in die durch die Art des Filtersatzes bedingten Fraktionen zerlegt.

Ein ähnliches Prinzip zu ganz anderem Zweck (Krümelanalyse) und in abweichender Ausführung wurde bereits 1936 von MEYER & RENNENKAMPFF angewendet, doch ist die von diesen Autoren beschriebene Apparatur für die Tiergewinnung aus Seeböden völlig ungeeignet. Dies vor allem deshalb, weil dort die Filter mit Sprengringen in einem Vollglaszylinder eingeschoben sind und sowohl quantitatives Arbeiten wie auch rasche Probenentnahme dadurch stark behindert werden. Dazu kommt noch die wenig bequeme Montage des Apparates auf einem Stativ.

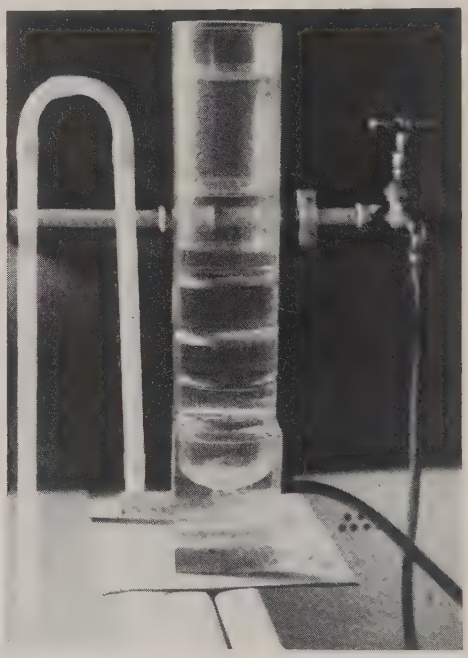


Abb. 2.

Das in Abb. 1A und 2 dargestellte Gerät ist in seinen Dimensionen für Bodenproben bis zu 150 cm³ berechnet. Der Zylinder kann rasch in seine ineinander verschraubbaren (4 bis 5 Umdrehungen) und durch Gummiringe abgedichteten Siebsektoren zerlegt werden, außerdem aber befindet sich oberhalb des obersten Bronze-Filters genau in Höhe des maximalen Wasserstandes ein Müllergaze-Filter, dessen Funktion es ist, an der Wasseroberfläche haftende Partikel abzufangen und einzutauchen. Die Geschwindigkeit des Wasseranstiegs kann einfach durch den Wasserhahn, jene des Abfalls durch die Länge und auch den Innendurchmesser des Hebers reguliert werden. Es empfiehlt sich daher, den Hebearm so zu konstruieren, daß er ohne Zeitverlust zu verlängern oder zu verkürzen ist. Außerdem kann das ausfließende Wasser zusätzlich noch durch einen Planktonfilter geführt werden, so daß auch kleinste Formen erhalten bleiben.

Am raschesten sind naturgemäß feinkörnige Sedimente aufzuarbeiten, doch sollten auf jeden Fall nur konservierte Proben eingebracht werden, da die beschriebene Sortierung des Materials wohl sehr schonend vor sich geht, sehr zarte Formen in

ungehärtetem Zustand aber trotzdem Schaden nehmen könnten. Außerdem mag natürlich die Eigenbewegung lebender Individuen zu einer störenden Verteilung führen. Da die Filter jederzeit austauschbar sind, können — falls dies erwünscht sein sollte — auch mehrere Siebgrößen ausgeschaltet, das heißt durch geeignete filterlose Zwischenstücke ersetzt werden.

Um die Entnahme der einzelnen Fraktionen noch rationeller zu gestalten, wurde ein weiteres Modell entworfen, das sich von dem eben beschriebenen nur dadurch unterscheidet, daß die Filter nicht einfach waagrecht, sondern geneigt und überdies gefaltet eingebaut werden (Abb. 1 B). Die dadurch entstehende Filterrinne ermöglicht einen Transport der Partikel bis zum Ansatz eines Abflußhahnes, der unter Berücksichtigung der jeweiligen Partikelgröße nach dem Prinzip eines Tropffläschchenhahnes gefertigt ist und im verschlossenen Zustand mit der Innenwand des Zylinders abschließt. Durch diese Anordnung wird die Entnahme der einzelnen Fraktionen noch vereinfacht, da das Zerlegen des Zylinders wegfällt. Die Neigung des Filters hängt in diesem Fall von seiner Maschenweite und von der Abflußgeschwindigkeit ab: sichere Erfahrungen liegen hier nicht vor. Es ist zu hoffen, daß durch den Ausbau dieser automatischen Sortiermethodik (Modelle mit größerem Zylinderdurchmesser, etwa 25 bis 30 cm, wären noch auf ihre Wirksamkeit hin zu untersuchen) die Arbeiten mit der Meiofauna lakustriner Böden soweit erleichtert werden, daß ein Überblick über die Verteilung bisher vernachlässigter Gruppen in Seen in quantitativer Hinsicht angestrebt werden kann.

Literatur

Brundin, L., 1949: Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. Rep. Inst. Freshwater Res., Drottningholm **30**, 1—914.

Juget, J., 1956: Recherches sur la faune du fond du Léman et du lac d'Annecey. Ann. Stat. centrale d'Hydrobiol. Appl. **7**.

Meyer, L., & Rennenkampff, U., 1936: Neuer Apparat und Methode zur automatischen Durchführung der Krümelanalyse nach Tjulin und Vorschläge zur Bestimmung des Krümelanteiles. Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde **43**, 268—280.

Wieser, W., 1960: Benthic studies in Buzzards Bay II. The Meiofauna. — Limnol. Oceanogr. **5**, 121—137.

Dr. Heinz Löffler
II. Zoologisches Institut
der Universität Wien,
Wien I, Dr.-Karl Lueger-Ring 1.

| Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 2 | 1961 | 292—295 |

K. F. Vaas

Das Arbeitsfeld des Hydrobiologischen Institutes, Abteilung Delta-Untersuchungen, in den Niederlanden

Die riesigen wasserbaulichen Werke, welche im Südwesten der Niederlande — vornehmlich in der Provinz Zeeland — ausgeführt werden, bezwecken, die verschiedenen Meerbusen und Flußarme durch Deiche abzuschließen. Diese Bauvorhaben wurden notwendig nach der unheilvollen Überschwemmung während der Sturmflut vom 1. Februar 1953, waren aber schon lange zuvor geplant. Außer den Sicherheitsüberlegungen spielen hier auch andere Aspekte eine Rolle. Es handelt sich um den gesamten Wasserhaushalt der Niederlande. Nicht nur, daß die begradigte Küstenlinie aus Deichen und Dünen von der Westerschelde bis Den Helder sehr viel kürzer sein wird als die jetzige mit den vielen tiefen Buchten, und dann besseren Schutz bietet, auch das gefährliche Vordringen des salzigen Wassers bis tief ins Binnenland wird dadurch verhindert.

Weil der westliche Teil Hollands unter dem Meeresspiegel liegt, tritt an mehreren Stellen salziges Wasser aus dem porösen Boden hervor, und außerdem gelangen beträchtliche Mengen Salz durch die vielen Schleusen der zahlreichen Kanäle hinein. Durch diese und andere Ursachen wird die Brackwassergrenze in mehreren Binnengewässern seit den letzten Jahren immer mehr landeinwärts verschoben, sogar so weit, daß einige Einlaßstellen für Trinkwasser und landwirtschaftliches Irrigationswasser schon mehrfach geändert werden mußten. Bei geringer Wasserführung des Rheines kann in den Niederlanden — wo doch das Wasser so reichlich ist — ernsthafter Mangel an süßem Wasser eintreten. Die Absicht des sogenannten „Delta-Plans" ist also nicht nur, einen sicheren, kurzen Seedeich zu schaffen, sondern gleichzeitig auch einigen Binnenseen, und damit der Land- und Gartenwirtschaft, Industrie und Trinkwasserversorgung süßes Wasser zur Verfügung zu stellen.

Nur die Westerschelde und der Kanal zum Hafen Rotterdams werden in Verbindung mit dem Meer bleiben.

An verschiedenen Stellen wird auch Land gewonnen werden, aber das ist Nebenziel. Im Vergleich zu der Absperrung der Zuiderzee sind diese Vorhaben größer und vielseitiger. Wie die Zuiderzee biologisch eine günstige Gelegenheit zu ökologischen Untersuchungen über die Änderungen der Flora und Fauna während des Überganges eines Brackwasserästuarium zum Süßwassersee bot, — diese Gelegenheit wurde von den holländischen Biologen benutzt, worüber Redeke und de Beaufort berichtet haben, — wird jetzt ein noch größeres Experiment durchgeführt, das zur Kenntnis der Veränderungen in der Flora und Fauna der Gewässer Zeelands Wichtiges beitragen kann.

Wir haben es in der Provinz Zeeland mit drei verschiedenen Gewässersystemen zu tun: 1. der Westerschelde, 2. der Oosterschelde, 3. dem eigentlichen Deltagebiet von Rhein und Maas.

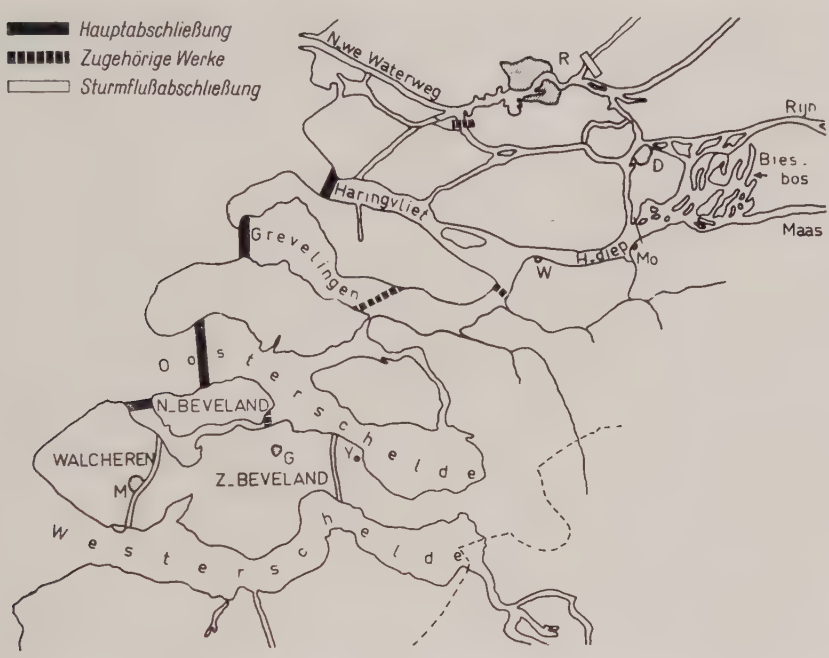


Abb. 1. D Dordrecht; G Goes; M Middelburg; Mo Moerdijk; R Rotterdam; W Willemstad; Y Yerseke

Die Westerschelde ist, hydrologisch gesehen, ein einfaches System, bei dem der marine Einfluß bis nach Antwerpen zu verspüren ist, weil die Wasserführung der Schelde nur gering ist. Dieses System wird vom Deltaplan nicht berührt. Die Oosterschelde ist ein Meeresarm, von der Südseite gänzlich von der Westerschelde abgetrennt. Im Norden befindet sich zwar eine Verbindung mit dem Rhein-Maas-Delta, aber nur bei sehr hoher Wasserführung des Rheines dringt süßes Wasser durch. Von den nördlich gelegenen Gewässern angesogen — an sich wieder die Folge einer Saugwirkung des S.O. — N.W. gerichteten Reststromes der niederländischen Küste entlang — strömt das Wasser von der Ooosterschelde zum nördlicher gelegenen Grevelingen. Außerdem enthält der Grevelingen nur einen kleinen Prozentsatz des Rhein- und Maaswassers, denn 37% fließt durch den noch nördlicher gelegenen Kanal zwischen Rotterdam und Nordmeer, dem so genannten „Nieuwe Waterweg", und 55% durch „Haringvliet". Deshalb ist die Salinität der Grevelingen hoch und zeigt nur geringe Schwankungen, wie die Oosterschelde. Der Haringvliet — weiter nach innen „Hollands Diep" genannt — zeigt einen reinen Ästuar-Charakter, mit ausgesprochenem Salzgradient von Süßwasser — sei es auch mit künstlich erhöhtem Salzgehalt von den Abwässern und Industriegewässern Deutschlands und Frankreichs — bis zu reinem Küstenwasser, auch mit täglichen Schwankungen durch Ebbe und Flut, periodischen Schwankungen, verursacht durch wechselnde Wasserführung der Flüsse und durch den Wind, nebst vertikalen Salzschichtungen im Mischgebiet — etwa in Höhe von Willemstad-Moerdijk — in Folge des Verschiebens einer Salzzunge am Boden entlang.

Im äußersten Nordosten befindet sich das Süßwassergezeitengebiet „de Biesbosch", das größte derartige Gebiet Europas, wo der Tidenhub bis 2½ und mehr Meter beträgt, der Salzgehalt jedoch nur 0,10 bis 0,12‰ Cl^-.

Vielgestaltig und ausgeprägt werden die Veränderungen eintreten, wenn die Deiche fertig sind.

Natürlich werden die Deiche nacheinander hergestellt. Das schwerste Werk in der Oosterschelde beginnt in etwa 10 Jahren und wird wohl innerhalb einer ebenso langen Zeit noch nicht fertig sein.

Der erste Bauabschnitt aber, der sogenannte „Drei-Inseln-Plan", das heißt die Verbindung der Insel Noord-Beveland mit der Halbinsel Zuid-Beveland-Walcheren, wird schon Ende 1961 fertig sein. Vor einiger Zeit wurde der östliche Damm vollendet. Wenn auch der Damm nach Walcheren fertiggestellt ist, so wird das eingeschlossene Gewässer, der „Zandkreek" — vorher ein Meeresarm mit 3 m Tidenhub und nahezu konstanter Salinität von rund 16,8‰ Cl^- — zu einem unbeweglichen Salzsee geworden sein, ohne Verbindung mit dem Meer. Das Wasser wird nicht schnell süß werden, denn es besteht keine Verbindung mit Süßwasserflüssen, sondern nur mit der salzhaltigen Oosterschelde durch Schleusen.

Nur Drainagewasser, vom benachbarten Lande eingepumpt, kann zuerst die Salinität etwas herabsetzen. Erst wenn die übrigen Deiche fertig sind, wird der Prozeß anfangen schneller zu verlaufen, weil jetzt das Wasser von Rhein und Maas — nicht gerechnet was man bei Rotterdam ins Meer fließen läßt — sich ins „Hollandse Meer" und „Zeeuwse Meer" ergießen wird. „Hollandse Meer" wird der neue Name für den endgültigen Süßwassersee an der Stelle des Haringvliets und Hollands Dieps sein, und „Zeeuwse Meer" die Bezeichnung für die südlicher gelegenen Gewässer, wo sich jetzt Grevelingen und Oosterschelde befinden. Besonders ausgeprägt werden die Veränderungen der Flora und Fauna in der Oosterschelde sein. Durch die geschützte Lage, die hohe, nahezu konstante Salinität, das Fehlen von einströmendem Süßwasser vom Lande her, den niedrigen Sedimentgehalt und die hohe Temperatur, dazu den Umstand, daß das Flutwasser zum größten Teil nicht bis zum Ende des Beckens durchdringt, wird die Oosterschelde — und speziell deren östlicher Teil — zu einem gewaltigen Meeresaquarium mit einer üppigen Flora und Fauna, wo mehrere südliche Species ihre Nordgrenze finden, und wo Muschel- und Austerkulturen gedeihen wie sonst nirgends in Europa. Zuerst enthielt der Delta-Plan keine Vorkehrungen zur Schonung dieser beiden Kulturen und sah deren Vernichtung als ein unvermeidliches Opfer an, daß eine Minorität bringen muß.

Die biologischen Möglichkeiten, um mit Sondermaßnahmen Muschel- und Austerkulturen außerhalb der Oosterschelde, z. B. mit der Anlage eines künstlichen Salzbassins im Grevelingen, das durch Schleusen mit dem Meer in Verbindung steht, noch zu retten, werden jetzt von den zuständigen Behörden geprüft. Es gibt also heute eine Anzahl Gewässer sehr verschiedenen Salzgehaltes und verschiedenen Charakters überhaupt, die alle einer anderen Zukunft entgegen gehen und zwar in verschieden langer Zeit. Am Ende sind alle Gewässer als „süß" geplant. Im Haringvlietdamm konstruiert man 17 riesige Schleusen. Diese werden, wenn nötig, geöffnet, 1. um das Eis im Winter abzuschwemmen und 2. um Meereswasser hineinzulassen, damit das Süßwasser nicht einfriert. Periodische geringe Steigerungen des Salzgehaltes im Winter sind also zu erwarten.

Im Biesboschgebiet wird sich der Salzgehalt nicht wesentlich ändern, aber der Tidenhub wird bis auf wenige Dezimeter herabgesetzt.

Es ist sofort klar, auch wenn nicht näher auf Flora und Fauna eingegangen wird, daß sich hier ein weites Arbeitsfeld für ökologische Untersuchungen anbietet.

Aus diesem Grunde hat die Königliche Niederländische Akademie der Wissenschaften, Amsterdam, ihrem Hydrobiologischen Institut eine selbständige Abteilung hinzugefügt unter dem Namen „Abteilung Delta-Untersuchungen", die vor einiger Zeit in Yerseke eingerichtet worden ist. Zu dem Laboratorium zählt ein Direktor, ein Chemiker, ein Zoologe, ein Pflanzensoziologe, ein Planktonbiologe und geeignetes Hilfspersonal. Eine Erweiterung des Stabes ist nach einigen Jahren vorgesehen, an erster Stelle durch physiologisch orientierte Ökologen, damit nach der anfänglichen descriptiven Phase der Untersuchungen mehr kausal-analytisch weiter gearbeitet werden kann. Die Abteilung plant die Aufnahme ständiger Verbindungen mit Hydrobiologischen Instituten der Niederlande und des Auslandes sowie mit taxonomischen und ökologischen Experten aller Art. Es war deshalb dem Direktor des Institutes eine angenehme Pflicht, mit herzlichem Dank der freundlichen Einladung der Schriftleitung der Revue Folge zu leisten und unser neues Institut und dessen Arbeitsgebiet mit den obenstehenden Zeilen vorzustellen.

Ich danke Herrn Dr. Ziegelmeier (List auf Sylt) für das Korrigieren des deutschen Textes.

Dr. K. F. Vaas,
Delta Laboratorium,
Vierstraat 28,
Yerseke — Niederlande

| Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 2 | 1961 | 296—304 |

Buchbesprechungen

SCHWEIGGER, ERWIN: Die Westküste Südamerikas im Bereich des Peru-Stroms. Mit 22 Karten, 7 Figuren, 12 Bildtafeln, 1 Faltkarte. Geographische Handbücher, herausg. v. H. LAUTENSACH. Heidelberg/München: Keysersche Verlagsbuchhandlung 1959. 513 S. 8°. Geb. DM 42.80

Nach den Arbeiten von SCHOTT und GUNTHER wechseln im Perustrom entlang der südamerikanischen Westküste wärmere und kältere Zonen, wobei letztere auf Auftriebszentren zurückgehen. Es entstehen antizyklonale Wirbel. SCHWEIGGER geht auf die Unregelmäßigkeiten dieser Strömung (alter und heutiger „Niño"-Strom) und die dadurch gegebenen weitgehenden biologischen Folgen ein. Er widmet sein Buch dem Gedenken an ALEXANDER VON HUMBOLDT, der während seines Aufenthaltes in Peru 1802 als erster die charakteristischen Besonderheiten dieser Westküste erkannte, die auf über 30 Breitengraden durch den Perustrom geprägt wird. SCHWEIGGER unternimmt es, in sechs Hauptkapiteln die gesamten hydrographischen, geographischen und biologischen Zusammenhänge aufzuzeigen, wobei er selbst seine 30jährigen Erfahrungen als Biologe im Dienste der Guano-Kompagnie in Lima auswerten konnte. Es werden die Küstenformen und ihre Genese, die Stromverhältnisse und das Klima behandelt, dann die Lebewelt: die Loma-Vegetation, das Plankton, Benthos und Nekton und schließlich die Guanovögel mit ihrer Guanoproduktion; abschließend wird die Küste in tiergeographische Provinzen unterteilt: peruanisch-chilenische Provinz mit südlichem, nördlichem und westlichem Grenzgebiet und den Sondergebieten (Bahia de Chimbote, Bahia de Pisco, Raum westlich von Ilo — Iquique — Antofagasta, Galapagos-Inseln). Es scheint ziemlich sicher, daß man mit einem Vordringen des kalten Wassers des Perustromes, besonders in der Tiefe, zu rechnen hat, wodurch langsam eine Veränderung in der Zusammensetzung der Fauna entstehen muß. Die typische Fauna des Perustromes hatte sich erst mit Beginn des Miozäns ausgebildet; vorher war das Wasser an der Küste warm (fossile Korallenriffe bei Arequipa). — Mannigfache biologische Einzelbeobachtungen sind hervorzuheben (Vernichtung der Seelöwen in den letzten 20 Jahren, Wale, besonders eingehend die Guanovögel unter Verwendung vieler alter Berichte). Die jährliche Nahrungsmenge der Guanovögel wird mit etwa 4 Mill. t Anchovetas beziffert; etwa die gleiche Fischmenge wird noch von anderen Tieren entnommen. „Der Verbrauch an Anchovetas zur Ernährung all dieser Tiere betrüge dann mindestens acht Millionen t, die zu ihrer eigenen Ernährung abermals, knapp gerechnet, etwa 240 Millionen t Planktonorganismen brauchen. Nehmen wir an, daß zwei Drittel der Ernährung der Anchoveta aus pflanzlichen Organismen des Planktons stammt, ein Drittel aber in Form von tierischen Lebewesen aufgenommen wird, und daß nach dem Vorbild von PETERSEN diese tierischen Planktonorganismen den zehnfachen Betrag an pflanzlichen Lebewesen zu ihrer eigenen Ernährung beanspruchen, so kommt man auf einen Gesamtbedarf an Phytoplankton nur für die Anchoveta, das dem Meer entnommen wird, von 960 oder 1000 Millionen t im Jahr. Hierbei sind keine anderen Planktonfresser wie Machete, Pejerrey oder die Larvenformen von Bodentieren berücksichtigt und ebensowenig die lebende Reserve an Anchovetas, die über die verzehrte Menge hinaus im Meer verbleibt. Diese ganz grob gerechneten Zahlen geben einen Begriff von der Fruchtbarkeit im Peru-Strom, der diesen ungeheuren Stoffumsatz in Gang hält, und aus dem letzten Endes der Mensch in Form von Vogelexkrementen noch einen beachtlichen Vorteil zieht" (S. 442).

Vielleicht ist das Buch stellenweise etwas weitschweifig, dem Verfasser gebührt aber Dank für die umfassende Darlegung der hydrographischen und biologischen Zusammenhänge dieser interessanten Küstenzone. — Die Abb. 23 zeigt keinen Sturmtaucher, sondern *Larus modestus*.

CASPERS

JOHNSON, FRANK H. (Editor): The Luminescence of Biological Systems. With 161 fig. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C. 1955, 466 p. $ 7.00

Vorträge eines Kongresses, der vom Committee on Photobiology 1954 abgehalten wurde. Neben den allgemeinen Erörterungen über Produktion und Eigenarten des „kalten Lichtes" sind für den Hydrobiologen die Abschnitte über Bakterienleuchten (B. L. STREKLER, J. W. HASTINGS & W. D. MCELROY), über die Ökologie autotropher mariner Dinoflagellaten (J. H. RYTHER) und über die Bioluminescenz von *Gonyaulax polyedra* (F. T. HAXO & B. M. SWEENEY) von besonderer Bedeutung. Die „Red Water"-Phänomene werden von J. H. RYTHER durch die Akkumulation von Dinoflagellaten an der Meeresoberfläche erklärt, wobei meteorologische und hydrographische Bedingungen (vorherrschende, landwärts gerichtete Winde, Brackwasserkonvergenz, Windverdriftung mit vertikaler Wirbelverdriftung der mit ihrer Achse senkrecht flottierenden Zellen) eine zusätzliche Zusammendrängung hervorrufen. H. CASPERS

ROBERT, PAUL-A.: Die Libellen (Odonaten). „creatura", Naturkundliche K + F-Taschenbücher, Band IV. Mit 36 farb., 16 schwarzweiße Tafeln, 64 Zeichn. Bern: Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, 1959, 404 Seiten SFr. 24,80. (Übersetzung der französischen Originalausgabe „Les Libellules", Neuchâtel: Delachaux & Niestlé S.A., 1958).

Das nun auch in deutscher Sprache vorliegende Libellenbuch ist für den Naturfreund bebestimmt, „der diese schönen Insekten beobachten und sammeln will". Es geht über den Umfang gewöhnlicher „populärer" Liebhaberbücher weit hinaus, bringt exakte systematische Beschreibungen, auch mit Synonym-Angaben, und schildert dann eingehend die Biologie der einzelnen Arten. Die vielen Abbildungen erleichtern die Bestimmungen. Es werden auch praktische Hinweise zur Fangtechnik, zur Anlage von Sammlungen und zur Haltung von Larven im Aquarium gegeben. Der fortgeschrittene Sammler wird auf ein spezielles Bestimmungsbuch nicht verzichten können, zumal ROBERT auf Bestimmungsschlüssel ganz verzichtet. Gerade dem Anfänger bringt das Buch jedoch erschöpfende Informationen und sollte dieser Insektengruppe viele neue Freunde gewinnen. Auch der Limnologe kann eine Fülle biologischer Angaben finden.

Es ist ein hoffnungsvolles Zeichen, daß heute wieder solche auch für den Anfänger brauchbare Bücher erscheinen, die darüber hinaus auch von wissenschaftlichem Wert sind und dem Liebhaber eine wirklich exakte Grundlage bieten. — Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen. H. CASPERS

SOUTHWOOD, T. R., and LESTON, DENNIS: Land and Water Bugs of the British Isles. With 32 coloured, 31 black and white plates, 153 text fig. London & New York: Frederick Warne & Co. Ltd. 1959, 436 p. sh. 30/—

Es werden die 509 Heteropteren-Arten der Britischen Inseln eingehend behandelt, mit Bestimmungsschlüsseln und biologischen Notizen. Für den Hydrobiologen dürfte die Zusammenstellung der Wasserwanzen über die regionale Beschränkung hinweg von Bedeutung sein, zumal viele biologische Angaben mit kontinentalen Beobachtungen verglichen werden. — Bemerkenswert, daß diese fundierte Monographie in einer Reihe „The Wayside and Woodland Series" erscheint und für einen größeren Liebhaberkreis bestimmt ist! H. CASPERS

WITHDROW, ROBERT B. (Editor): Photoperiodism and Related Phenomena in Plants and Animals. With 256 fig. Publ. No. 55 American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C. 1959, 922 p. $ 14.75

Dieser Band bringt die Vorträge eines 1957 in Catlinburg, Tenessee veranstalteten Symposiums mit den Sektionen

I Photochemical Principles,
II Photocontrol of Seed Germination and Vegetative Growth by Red Light,
III Role of Chemical Agents in Photocontrol of Vegetative Growth,
IV Photoperiodic Control of Reproduction in Plants,
V Growth Factors and Flowering,
VI Analysis of Plant Photoperiodism,

VII The Relation of Light to Rhythmic Phenomena in Plants and Animals,
VIII Photoperiodism in the Invertebrates,
IX Photoperiodism in the Vertebrates,
X Photoperiodic Control of Reproduction and Migration in Birds,
XI Control of Periodic Functions in Mammals by Light. H. Caspers

Duncker, Georg, bearbeitet von Werner Ladiges: Die Fische der Nordmark. Mit 145 Abb. Hamburg: Kommissionsverlag Cram, de Gruyter u. Co. 1960, 432 S. DM 30,—.

Das als Supplementband des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg erschienene Werk des 1953 verstorbenen Verfassers wurde von Dr. Ladiges überarbeitet, wobei neue Daten hinzugefügt und vor allem Systematik und Nomenklatur auf den neuesten Stand gebracht wurden (Gegenüberstellung der alten und neuen Namen). Unter „Nordmark" wird das Land zwischen der Elbe und der heutigen dänischen Grenze verstanden unter Einschluß der Meeresküsten und Helgolands; im Süden liegt die Begrenzung bei Lauenburg.

Wie Ladiges im Vorwort hervorhebt, kommt dem Dunckerschen Werk auf Grund der fortschreitenden Veränderung unserer Landschaft und der Industriealisierung der Wasserläufe heute bereits der Wert einer historisch-faunistischen Chronik zu. — Für jede der 145 Fischarten wird neben der Beschreibung die größte bekannte Totallänge angegeben; eine Umrißzeichnung kennzeichnet den Habitus. Vorangestellt sind Bestimmungstabellen. Lebensweise und Allgemeinverbreitung jeder Art werden ausführlich behandelt.

Der zweite Teil des Buches enthält die allgemeinen faunistischen Ergebnisse mit Einschluß der Literaturgeschichte und der deutschen und dänischen Volksnamen. Eine Reihe von Süßwasserfischen erreicht im Gebiet eine ihrer Verbreitungsgrenzen. Bei den marinen Arten werden die Elemente der Ostsee, des Wattenmeeres und Helgolands dargestellt. Bei den Süßwasserfischen Trennung der stationären und anadromen Arten, bei den Seefischen der Stand- und Zugfische und der Irrgäste. — Aus der gegenwärtigen Verbreitung und dem faunistischen Verhalten der heimischen Arten wird der Verlauf der nacheiszeitlichen Besiedlung des Gebietes analysiert.

Im ganzen ist so eine wertvolle Grundlage für die weitere ichthyologische Forschung in diesem Gebiet geschaffen worden. H. Caspers

Lane, Frank, W.: Kingdom of the Octopus. The Life-History of the Cephalopoda. With 48 pl. London: Jarrolds Publishers Ltd. 1957, 287 p., sh. 30/—.

Es ist eine Freude, dieses auch Farbtafeln und mannigfache historische Abbildungen enthaltende Buch zu rezensieren. Es enthält eine Fülle guter Aufnahmen und basiert auf der gründlichen Durcharbeit einer umfangreichen Literatur aller Länder. So ist es in seiner einwandfreien Darstellung einem weiten Leserkreis zugänglich, aber auch dem Wissenschaftler wertvoll, zumal für die Kapitel der Rat einer ganzen Reihe von Fachleuten herangezogen wurde. Es werden Anatomie und Biologie dargestellt, ferner die Fischerei, aber Lane referiert auch die mannigfachen Geschichten über die Kraken und ihre Gefahr, bis hin zu ihrer „Verwendung" in Hollywood-Schauerfilmen. Wertvoll sind historische Aufnahmen großer Tintenfische. Das Buch kann in seiner Art als vorbildlich gelten! H. Caspers

Thöni-Vogt, Elsy: Muscheln. Ein Wegweiser zu ungeahnten Sammlerfreuden. Mit Abb. Bern-Stuttgart: Verl. Paul Haupt. 1960, 174 S., SFr 23.80.

Es ist zu begrüßen, daß heute mehr und mehr Anleitungen zur liebenswerten Beschäftigung mit dem Sammeln von Naturalien herausgebracht werden, die zunächst einmal Freude wecken und Ratschläge geben. Das vorliegende Molluskenbuch — unter „Muscheln" werden Muscheln, Käferschnecken, Schnecken, *Argonauta* verstanden — erfüllt diese Aufgabe durch den aus der eigenen Liebhaberfreude geschriebenen Text und vor allem durch die zahlreichen, sehr guten Photos, die auch im Schwarzweiß-Bild die Schönheit der Objekte erkennen lassen. Die von einem Zoologen vorgenommene textliche Prüfung hätte gründlicher sein müssen: „eine Murex" oder so barer Unsinn (S. 98), daß man mit der Bezeichnung „Species" Exemplare belegt, „deren Familienzugehörigkeit bekannt ist, die man jedoch keiner bestimmten Gattung zuweisen kann".

Von Schnecken sind unverständlicherweise nur Wasserschnecken aufgenommen worden. Das Literaturverzeichnis, für die Intensivierung des Sammelns besonders wichtig, ist ungenau; vielfach fehlt die Jahresangabe. Bei einer Neuauflage wäre auf gründlichere Korrektur von Druckfehlern zu achten.

H. Caspers

Sparing, Ingrid: Die Larven der Hydrachnellae, ihre parasitische Entwicklung und ihre Systematik. Mit 103 Abb. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1959. 168 S. 8° = Parasitologische Schriftenreihe. H. 10. Herausg. von Wd. Eichler, C. E. Sprehn, H.-J. Stammer. Brosch. DM 13,85.

Im Anschluß an den großen Katalog von Viets ist die systematische und biologische Monographie von I. Sparing von Bedeutung, da hier die Diagnosen aller bekannten Larvenformen gegeben werden. Die zerstreute Literatur wurde gesammelt und durch umfangreiche eigene Untersuchungen ergänzt. Eine reichere Illustration der Bestimmungsschlüssel wäre nützlich gewesen.

Im allgemeinen Teil kommt die Entwicklung zur Darstellung (Schema von Henking), mit einer Darlegung der Phylogenie. Die Süßwassermilben mit Ausnahme von *Hydrovolzia* werden für eine phylogenetisch einheitliche Gruppe gehalten; hierin wird Oudemans, Nordenskiöld und Kramer widersprochen. Der Band wird dem Hydrobiologen eine Hilfe sein, bei limnologisch-ökologischen und produktionsbiologischen Untersuchungen die Wassermilben mehr als bisher zu berücksichtigen.

H. Caspers

Rudescu, L.: Rotatoria. Fauna Republicii Populare Romine, Trochelminthes Vol. II, Fasc. II. Mit 899 Abb. Bucuresti: Editura Academiei R. P. R. 1960. 1192 S. Ln. Lei. 73,— (rum.).

Nachdem mit den Arbeiten von Voigt 1956/57 und Bartoš 1959 in den letzten Jahren bereits zwei Monographien über Rotatorien von europäischen Spezialisten erschienen sind, wird man einer dritten vielleicht mit einer gewissen Zurückhaltung begegnen. Zu Unrecht! Rudescu — durch zahlreiche Publikationen als einer der führenden Rotatorienspezialisten bekannt — übergibt uns ein Werk, dessen Klarheit in Wort und Bild als hervorragend bezeichnet werden darf. Dem Textteil ist eine systematische Übersicht vorangestellt, der ein instruktiver allgemeiner Teil folgt (100 Seiten): Geschichte der Rotatorien, äußerer Körperbau (Form, Färbung, Integument und seine Organe), innerer Körperbau (Drüsen, Verdauungstraktus, Kauwerkzeuge, Muskel- und Nervensystem, Exkretions- und Fortpflanzungsorgane), Fortpflanzung, Ökologie — besonders der Rotatorien des süßen Wassers, des Erdbodens, des Mooses, des Brackwassers und des Meeres — Feinde, Parasiten, geographische Verbreitung, Paläontologie, Phylogenie, wirtschaftliche Bedeutung und Methodik. Der Hauptteil des Buches gehört der Systematik. Auf über 1000 Seiten werden alle bisher in Rumänien nachgewiesenen Rotatorien dargestellt (633 Arten, zahlreiche Lokaltypen und Variationen). Übersichtliche Bestimmungsschlüssel der Arten, die genau beschrieben werden, auch hinsichtlich ihres Biotops, ihrer geographischen Verbreitung und der Zeit ihres Vorkommens. Viele ausgezeichnete Abbildungen ergänzen die Beschreibungen und erleichtern die Determination. Das Literaturverzeichnis (15 Seiten, eng bedruckt) berücksichtigt die in den slawischen, romanischen und germanischen Sprachgebieten erschienenen Publikationen. Ein ausführliches Sachregister bildet den Schluß. — Obwohl das Werk die in Rumänien vorkommenden Rotatorien behandelt, kann es allen europäischen, ja selbst den asiatischen und nordamerikanischen Spezialisten und Hydrobiologen empfohlen werden, da die meisten beschriebenen Arten auch in ihrem Gebiet vertreten oder zu erwarten sind. Hervorzuheben ist die großzügige Ausstattung hinsichtlich Satzspiegel und Zeichnungen, so daß man Autor und Verlag zu diesem gelungenen Werk beglückwünschen kann.

D. H. H. Kühlmann

Liebmann, Hans: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band II. Mit 500 Abb., 85 Tab. München: R. Oldenbourg 1958—1960. 1149 S. 8° geb. DM 160,—.

Nachdem der I. Band (1951) dieses Handbuches der Methodik der Wasseruntersuchung gewidmet war, behandelt der zunächst in Lieferungen erschienene und nun abgeschlossen vorliegende II. Band die Anwendung der Methoden. Er ist dadurch auch für den weiten Kreis der

Wassertechniker von besonderer Wichtigkeit. „Ein erheblicher Teil der Schäden, die bei der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung und bei der Brauchwasserlieferung für die Industrie aus Oberflächenwasser entstehen, haben biologische Ursachen. Man kann deshalb schädliche Organismen im Trink- und Brauchwasser nur erfolgreich bekämpfen, wenn man ihren biologischen Zyklus kennt". Vor allem wird auch darauf eingegangen, daß die Voraussetzung für die Nutzung und Reinigung des Wassers die Erhaltung der natürlichen Lebensgemeinschaft ist.

Nach einem längeren Kapitel über die physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren der natürlichen Selbstreinigung wird die Biologie des Vorfluters, des Trink-, Bade- und Frischwassers behandelt, worauf dann die vielfältigen Fragen über Biologie und Toxikologie des Abwassers besonders eingehend zur Darstellung kommen. Das Literaturverzeichnis, das auch weitgehend die ausländische Literatur berücksichtigt, umfaßt 100 Seiten! Das Buch ist großzügig ausgestattet, was aber nur in etwa den hohen Preis rechtfertigt. Manche Textteile hätten komprimiert werden können; es gibt Wiederholungen, auch bei den Abbildungen. Zu bemängeln sind die vielen Druckfehler, vor allem auch bei den lateinischen Namen (nur zum Teil wurden sie berichtigt). Es fehlte an der sorgfältigen Prüfung und Korrektur. *Suberites* wird als Süßwasserschwamm angegeben. — Aber in allem liegt so ein Werk vor, daß den gesamten Komplex der Abwasserbiologie umfaßt und auch dem Praktiker eine erschöpfende Nachschlagemöglichkeit bietet.

Die Neuauflage von Band I ist für 1961 angekündigt. H. Caspers

Liebmann, Hans (Herausgeber): Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. München: R. Oldenbourg.

Band 2: Biologie und Chemie des ungestauten und gestauten Stromes. 1954. 315 S., 132 Abb., 4 farb. Taf. DM 48,—.

Band 5: Tropfkörper und Belebungsbecken. 1958. 260 S., 115 Abb., 31 Tab. DM 45,—.

Band 6: Die Bewertung der Wasserqualität. 1959. 191 S., 35 Abb., 17 Tab. DM 40,—.

Band 7: Gifte und radioaktive Substanzen im Abwasser 1960. 231 S., 85 Abb., 10 Tab. DM 48,—.

Diese Reihe befaßt sich mit speziellen Kapiteln aus dem Arbeitsbereich der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt in München und ihrer Zweiginstitute.

In Band 2 wird die Biologie und Chemie von Donau und Main in Zusammenhang mit den mannigfachen Abwasserfragen beschrieben. Da große Teile des Mains bereits in Stauhaltungen umgewandelt worden sind, war hier die Auswirkung dieser technischen Maßnahmen gut zu studieren. Die Bedeutung dieser Flüsse als Rhein-Main-Donau-Großschiffahrtsstraße wird dargestellt (H. Fuchs), weiter Geologie, Flußgeschichte, Hydrographie (H. A. Stammer); die biologischen Auswirkungen beschreiben F. v. Ammann, H. Liebmann, O. Heuschmann, F. Leopoldseder; H. Liebmann zieht „Folgerungen für die Praxis". Farbige Tafeln der „Gütebilder" sind eingeschoben.

Band 5 enthält Beiträge zahlreicher Mitarbeiter zur Frage der Intensivierung der Abwasserreinigung, worauf Liebmann wieder die „Folgerungen für die Praxis" anfügt.

Band 6 ist der Bewertung von städtischen und industriellen Abwässern und der Bewertung und Kartierung von Vorflutern gewidmet:

H. Liebmann: Bakterien als Oxydationsmittler.

H. Wagner: Über den Begriff der Einwohnergleichwerte und Schmutzbeiwerte.

K. Offhaus: Gedanken zur Revision von Einwohnerlast und Einwohnergleichwerten.

R. Wilck: Die Wirkung von Glaubersalz als dem Hauptbestandteil des Abwassers der Viskoseindustrie auf Wasserorganismen unter besonderer Berücksichtigung der Rotatorien.

W. Buckstegg: Problematik der Bewertung giftiger Inhaltsstoffe im Abwasser und Möglichkeiten zur Schaffung gesicherter Bewertungsgrundlagen.

K. Scherb: Schwierigkeiten bei der Erfassung organischer Abwässer, besprochen am Beispiel der Molkereiabwässer.

F. v. Ammon: Methodik der Ermittlung des Sauerstoffhaushaltes in Fließgewässern. - Die Belastbarkeit von Fließgewässern mit organischen Verunreinigungen.

H. Liebmann: Methodik und Auswertung der biologischen Wassergüte-Kartierung.

M. Ruf: Radioaktive Substanzen im Abwasser und Vorfluter und deren Berücksichtigung bei der Bewertung der Wasserqualität.
H. Eyer: Pathogene Keime im Vorfluter und deren Einfluß auf die Verwendbarkeit des Wassers.
H. Liebmann: Folgerungen für die Praxis aus den Ausführungen über die Bewertung der Wasserqualität.

Band 7 ist von besonderer Aktualität, da Gifte und radioaktive Substanzen im Abwasser von zunehmender Bedeutung werden. Gut, daß M. Ruf zunächst auch eine „Einführung in die atomphysikalischen Grundlagen des radioaktiven Zerfalls und die Möglichkeiten der Gewinnung künstlicher radioaktiver Substanzen" bringt. Im weiteren sind dann besonders die Erfahrungen in der Isotopenabteilung der Bayer. Biol. Versuchsanst. verwertet.

Im ganzen bringt so diese Publikationsreihe neueste Ergebnisse gerade besonders aktueller Fragen der Gewässerreinigung. H. Caspers

Press, Heinrich: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 2. Auflage. Mit 650 Abb. Hamburg-Blankenese: Verlag Wasser und Boden, Axel Lindow & Co. 1960, 845 Seiten, DM 29,50.

Dieses eingeführte, alle Seiten der Wasserwirtschaft behandelnde Taschenbuch liegt jetzt in zweiter, erweiterter Auflage vor, wobei ein Kapitel „Der Schutz des Wassers vor radioaktiven Verunreinigungen" neu hinzugekommen ist; das Kapitel „Wasserrecht" wurde entsprechend der neuen Gesetzgebung erweitert. Hans Mann behandelte „Wasserwirtschaft und Fischerei". So wird eine handliche, übersichtliche, in den meisten Abschnitten in Verbindung mit den Literaturangaben erschöpfende Zusammenstellung gegeben, die auch für den Limnologen vielseitig zu verwenden ist. Nur der Abschnitt „Die biologische Wasserwirtschaft" (H. Zinkernagel, Berlin) sollte entsprechend der zunehmenden Bedeutung dieser Fragen ausgedehnter gerade für den Wassertechniker dargestellt werden. H. Caspers

Sierp, Friedrich: Die gewerblichen und industriellen Abwässer. Entstehung, Schädlichkeit, Verwertung, Reinigung und Beseitigung. 2. neubearb. Auflage. Mit 251 Abb., 8°. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag, 1959, XI, 660 S., geb. DM 59,40.

Der Titel zeigt den Umfang dieses Handbuches, das erschöpfende Auskunft gibt über die verschiedenen Abwasserarten und ihre Beseitigung. Auch der Einfluß gewerblicher und industrieller Abwässer auf die städtische Kanalisation und den Vorfluter wird behandelt. Die 2. Auflage mußte entsprechend der industriellen Entwicklung verstärkt die Behandlung der Detergentien, Antibiotica, Kunststoffe und der radioaktiven Abwässer darstellen. So ist das Buch für den weiten Kreis der Abwasserfachleute, Hygieniker, Fischereiinteressenten, für die Wasserbau-, Flußaufsichts- und Medizinalbeamten bestimmt. Die biologischen Fragen werden nur knapp geschildert (biologische Gewässeranalyse, Saprobiensystem); hierfür müssen noch andere Handbücher herangezogen werden. Für weitere Auflagen wäre es wünschenswert, ausländische Verfahren stärker zu berücksichtigen. Ausländische Literatur ist jedoch umfangreich angegeben (Fußnoten). Die großzügige Ausstattung des Buches ist besonders hervorzuheben.
H. Caspers

Czensny, Rudolf: Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Berlin: VEB Verlag Technik 1960, 429 S. 8°. DM 40,—.

Dieses Buch ist für die Praxis geschrieben und geht daher auch auf elementare Dinge ein, bietet aber eine reiche Rezeptur für die verschiedenartigen Untersuchungsverfahren, mit mannigfachen Hinweisen zur Vermeidung von Analysenfehlern. Auch neue, noch nicht allgemein eingeführte Methoden sind aufgenommen, so die elektrochemische Sauerstoffbestimmung. Vorangestellt ist ein theoretisches Kapitel über die an ein Fischwasser in chemischer Hinsicht zu stellenden Anspüche und mit einer Behandlung der „fischereilichen Abwasserkunde". In einem Anhang sind die Bereitungsvorschriften für die wichtigsten Reagenzien und Tabellen (auch für Meer- und Brackwasser) aufgenommen; den einzelnen Kapiteln sind Literaturverzeichnisse angefügt (Bei der Bestimmung des Kaliumpermanganatverbrauches S. 174 wird auf eine Tabelle verwiesen, die im Anhang jedoch fehlt). An vielen Stellen hebt der Verfasser die biologischen Querverbindungen hervor, so daß dieses Buch weit mehr als eine Analysenzu-

sammenstellung bietet, so besonders wichtig gerade auch diese ist. Dem Verfasser gebührt Dank für dieses Werk, dessen Manuskript er gerade noch vor seinem Tode (1957) fertigstellen konnte. H. Caspers

Oceanic Observations of the Pacific. **1950**: Berkeley and Los Angeles: University of California Press 1960. 508 p. $ 4.50. **1955**: The Norpac Data and Atlas. Berkeley and Los Angeles: University of California Press; Tokyo: University of Tokyo Press. 1960. 523 p. 132 maps. Data + Atlas $ 10.—.

Diese für 1950 vom Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, California, für 1955 vom Norpac-Committee (ein Gemeinschaftskomitee Japan-USA) herausgebrachten Bände enthalten die im Pazifik gewonnenen ozeanographischen Daten, die synoptisch erarbeitet worden sind: Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Phosphat u. a. in Standardtiefen. Dem Band für 1955 ist eine Bibliographie vorangestellt, in beiden Bänden zeigen Karten die Stationsverteilung. 1955 wurden die Forschungen auf den Raum nördlich 20 °N spezialisiert, das ozeanographische Programm wurde erweitert, auch unter Hinzunahme von Planktonanalysen, deren Auswertung in umfangreichen Tabellen zusammengefaßt ist. Die Ergebnisse für 1955 werden ferner in dem großformatigen Atlas dargestellt. Es ist so ein riesiges Unterlagenmaterial für weitere Forschungen zusammengetragen worden. Eine allgemeine ozeanographisch-biologische Auswertung muß noch erfolgen. H. Caspers

Emery, K. O.: The Sea off Southern California. A Modern Habitat of Petroleum. With 248 fig. New York—London: John Wiley & Sons, Inc. 1960, 366 p. $ 12.50.

Es ist ein Verdienst von K. O. Emery, Professor für Geologie an der University of Southern California, eine Fülle eigener Arbeiten und die vieler anderer Autoren zu einer Monographie über das vielgestaltige Meeresgebiet vor der südkalifornischen Küste zusammengefaßt zu haben. Nicht nur die physiographischen, lithologischen und strukturellen Verhältnisse kommen dabei zur Darstellung, sondern auch die hydrographischen und biologischen Fakten, denen eine ausführliche Beschreibung der Sedimente folgt. Die Ergebnisse werden in bezug auf die Entstehungsbedingungen von Petroleumansammlungen analysiert. Nur 6,4% des durch Phytoplankton produzierten organischen Materials wurden in den Bodensedimenten des Los Angeles-Bassins deponiert, von denen weiter nur 2,8% im Boden verblieben, und nur 0,005% wurden in Petroleum umgeformt. „Thus, one barrel of petroleum required the growth of organic matter equivalent to 19000 barrels. The hydrocarbons, of which petroleum for the most part consists (about 80 per cent), are more efficiently preserved, so that 1.3 per cent of the original production by phytoplankton ist recovered as petroleum". Schon dieses kurze Zitat zeigt, wie hier die verschiedensten geologischen und biologischen Ergebnisse zusammengefaßt werden. Die Monographie wird noch durch Darstellungen über die Frage der Wasserverunreinigung durch die Abwässer vor allem von Los Angeles ergänzt; weiter werden — kurz — die Fischerei und sogar ökonomische Fragen wie Schiffsverkehr, Häfen und die Technik der marinen Ölbohrungen behandelt. Viele Abbildungen, auch Tiefseeaufnahmen, ergänzen den Text, so daß hier unsere Gesamtkenntnisse über diesen Pazifikteil zusammengebracht sind. Dem Buch ist eine große Tiefenkarte beigegeben, aus welcher die Beziehungen zwischen dem Land und der submarinen Topographie zu ersehen sind. H. Caspers

Eibl-Eibesfeldt, Irenäus: Galapagos. Die Arche Noah im Pazifik. Mit 23 Farbaufnahmen, 43 Fotos. München: R. Piper & Co. 1960, 218 S., DM 19,80.

Dr. Eibl-Eibesfeldt hat mehrfach die Galapagos-Inseln besucht, zuerst 1953/54 mit der „Xarifa" von Hans Hass und 1957 auch im Auftrag der Internationalen Union für Naturschutz. So studierte er nicht nur die seit Darwin berühmte Fauna dieser ozeanischen Inseln, sondern setzte sich auch tatkräftig für die Erhaltung der gefährdeten Tierarten ein. Bei der letzten Reise wurde der Plan für eine biologische Station entworfen, die mit dazu beitragen würde, zum Teil wirklich in letzter Minute, die endemischen Arten zu erhalten. Erst 1934 waren von Ekuador Schutzgesetze erlassen worden, die aber kaum befolgt wurden, aber es ist zu hoffen, daß sich dies jetzt ändern wird. — Das Buch schildert, ausgestattet mit vorzüglichen Aufnahmen, die Gegensätzlichkeit der Landschaften dieser „Schildkröteninseln" und die Ei-

genarten ihrer so wenig scheuen Bewohner; eingeschoben sind geschichtliche und allgemeinbiologische Ausführungen. — Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen!

H. Caspers

Gillett, Keith & McNeill, Frank: The Great Barrier Reef and Adjacent Isles. With 161 pl. Paddington-Sydney-Australia: Coral Press Pty. Ltd. 1959, 194 p. s. 70

Dieses „a comprehensive survey for visitor, naturalist and photographer" genannte, mit einer großen Zahl von Schwarzweiß- und Farbtafeln ausgestattete Buch stellt die ideale Form einer für ein breites Publikum bestimmten Einführung dar, die aber darüber hinaus auch dem Fachbiologen eine Fülle von Material bietet. Das Buch ist interessant geschrieben, sorgfältig wissenschaftlich geprüft (Dr. McNeill ist Curator am Australian Museum, Sydney) und hat einen ausführlichen Index. Man scheute sich nicht, auch spezielle biologische Dinge herauszustellen, und J. M. Mackerras, der frühere Chairman des Great Barrier Reef Committee, hat in seiner Einleitung völlig recht, wenn er dieses Buch den klassischen Werken von Saville Kent (1893) und C. M. Yonge (1930) anschließt.

Es werden die verschiedenen Regionen und Tiergruppen des Great Barrier Reef behandelt, ferner andere Koralleninseln wie die Cumberland Group und das Lord Howe Island. Es ist dankenswert, daß heute eine ganze Reihe von Inseln unter strengen Naturschutz gestellt sind (Liste im Buch).

Dem Buch ist eine über Australien hinausgehende Verbreitung zu wünschen! H. Caspers

Piccard, Auguste: Über den Wolken, unter den Wellen. Mit 54 Abb., 26 Zeichn. 8°. 1954, 286 Seiten, DM 14,—.

Houot, Georges und Willm, Pierre: 4000 Meter tief. Mit 37 Abb., 11 Zeichn. 8°. 1955, 231 Seiten, DM 12,50. — Beide: Wiesbaden: Verl. F. A. Brockhaus.

Piccard schildert seine früheren Stratosphären-Aufstiege und dann die Entwicklung der Tiefseetauchglocken bis zum „Bathyskaph FNRS 2 und 3" und der „Trieste" und ihre Tauchfahrten bis auf 3150 m Tiefe. Die Einrichtungen werden eingehend behandelt. Dem Buch sind Zukunftspläne angefügt, die heute ja bereits weitgehend verwirklicht sind.

Houot und Willm schildern lebhaft ihre Tauchabstiege mit dem Bathyskaph im Mittelmeer und Atlantik bis 4050 m Tiefe. Auch einige Tiefenaufnahmen von Tieren (Hai und Krebs in 750 m, Fische der Gattung *Polyprium*, *Benthosaurus* und *Haloporphyrus* und ein Garnelenschwarm in 500 m Tiefe, sind beigegeben. Für den Biologen von besonderem Interesse ist die Beschreibung eines Tauchabstieges mit Prof. Monod vor Dakar.

Beide Bücher sind reizvoll zu lesen und schildern lebendig die Entwicklung der Tiefseetauchgeräte, mit denen uns „eine neue Dimension geschenkt worden ist". Erstaunlich nur, wie im ganzen — nach Beebe — gering die bisher veröffentlichten biologischen Ergebnisse solcher Tauchabstiege gewesen sind. H. Caspers

Essays in Marine Biology, being the Richard Elmhirst Memorial Lectures. Edinburgh-London: Oliver and Boyd 1953. 144 p. sh. 12/6.

Das Buch enthält nach einer Würdigung des 1948 verstorbenen, langjährigen Direktors der Marine Biological Station at Millport, Scotland (durch L. A. L. King) Übersichtsreferate aus verschiedenen marinen Forschungsgebieten:

James Gray (Cambridge): The locomotion of fishes;
John E. Harris (Bristol): Fin patterns and mode of life in fishes;
C. M. Yonge (Glasgow): Aspects of life in muddy shores;
A. C. Stephen (Edinburgh): Life on some sandy shores;
T. A. Stephenson (Aberystwyth): The world between tidemarks;
A. C. Hardy (Oxford): Some problems of pelagic life;
S. M. Marshall and A. P. Orr (Millport): The production of animal plankton in the sea.

Die vielen Literaturangaben und ein Index für alle Beiträge erhöhen den Wert dieser auch für nicht-marine Biologen wertvollen Zusammenstellungen. Nur der Beitrag von Stephen wäre umfassender zu wünschen. H. Caspers

Nicol, J. A. Colin: The Biology of Marine Animals. London: Sir Isaac Pitman & Sons Ltd. 1960, 707 p. 95/—d.

Ein Buch dieser Art fehlte bisher in der marinen Literatur, und der Autor, Zoologe am Plymouth Laboratory of the Marine Biological Association, ist zu diesem umfassenden Werk zu beglückwünschen. Es ist mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen ausgestattet. Ausgehend von den Eigenarten des Seewassers (hierzu auch Tabellenanhang) werden die Körperflüssigkeiten und der Blutkreislauf mariner Tiere dargestellt, anschließend ihre Atmung, die Arten der Nahrungsaufnahme, Verdauung und Exkretion. Der Funktion der Sinnesorgane, Muskeln, Cilien, Flagellen und der elektrischen Organe sind eigene Kapitel gewidmet, weitere betreffen Nervensystem, Verhalten, Pigmente und Farbwechsel, Lumineszenz. Unter „Associations" werden Kommensalismus, Parasitismus und Symbiosen behandelt, es fehlt jedoch eine Darstellung der synökologischen Komplexe. Ein Kapitel behandelt Skelette, Schalen und das Bohren mariner Tiere.

Den einzelnen Abschnitten sind umfangreiche Literaturverzeichnisse beigegeben, bei denen eine Vollständigkeit allerdings trotzdem nicht zu erwarten ist (am wenigsten in bezug auf nichtenglische Publikationen, von denen manche wichtige neue Beiträge fehlen). Allerdings gibt der Verfasser selbst an, daß er vornehmlich solche Arbeiten der letzten 20 Jahre aufführt, in denen ausführliche weitere Literaturangaben zu finden sind. — Im ganzen stellt das Buch eine schöne, dringend notwendig gewesene Zusammenstellung dar, die auch als Nachschlagewerk wertvoll ist. H. Caspers

von Brand, Theodor: Anaerobiosis in Invertebrates. No. 4 of the „Biodynamica Monographs" Biodynamica, Madison 4, Wisc., 1946, 328 p. $ 4,80

Dieses bereits 1946 herausgebrachte Werk soll in der „Int. Revue" noch nachträglich referiert werden, da es für den Hydrobiologen eine besonders wichtige Zusammenstellung bietet. Es werden die limnischen und marinen anaeroben Lebensräume und die Physiologie der hier lebenden Tiere eingehend behandelt. In einer Liste sind die im Sapropel vorkommenden Protozoen, Rotatorien und Gastrotrichen im Anschluß an Lauterborn (1916) aufgeführt; diese Liste wäre zu ergänzen. Ebenso bringen Listen die in Abwasserteichen lebenden Protozoen (nach Lackey, 1932) und die in O_2-freien Seeregionen gefundenen Tiere (nach Welch, 1935 und Ward, 1940). Für die Ozeane werden die tieferen Sedimentstrata als O_2-frei angeführt (im Anschluß an Moore und Zobell), ferner entsprechende küstennahe Biotope. Warum fehlen Schwarzes- und Kaspisches Meer? (es gibt auch sonst sauerstoffreie Becken, z. B. in der Ostsee).

Den Hauptteil des Buches nehmen die Kapitel über die physiologischen Prozesse der Anaerobiosis ein. Ihre Entstehung wird diskutiert, auch im Hinblick auf den Endoparasitismus. Die anaerobe Lebensweise dürfte sekundär entstanden sein die verschiedenen Auffassungen hierüber werden eingehend besprochen , wobei die sapropelen Ciliaten möglicherweise eine Ausnahme bilden; doch vermerkt der Autor auch hier: „If it should be demonstrated that these ciliates are incapable of utilizing any oxygen, one would not be justified in assuming that this is necessarily a primitive condition". H. Caspers

Literaturhinweis

Schwabe, G. H.: Umraumfremde Quellen. 270 Bl. mit 18 Tab. + Textbeilagen — 23 Bl. mit 99 Abb. u. 22 Bildern. Schanghai, 1944. Untersuchungsergebnisse zur Ökologie von Thermalgewässern in Chile und Japan. Vorliegend im Archiv ungedruckter wissenschaftlicher Schriften bei der Deutschen Bibliothek, Frankfurt am Main, Zeppelinallee 8. Mitgeteilt in Folge 4 der „Bibliographie eingegangener Arbeiten", Beilage zum „Wöchentlichen Verzeichnis" der Deutschen Bibliothek Nr. 47 vom 17. 11. 60.

Berichtigung zu Heft 4/1960

Im Abschnitt „Neue Taucherliteratur — ein Sammelreferat" muß auf S. 669, nach der 6. Zeile, ergänzt werden: Dimitri Rebikoff: Unterwasser-Aufnahmen. Der Foto Dienst, Heft 28. Heering-Verlag, Seebruck am Chiemsee. 1953. 62 S. 1.80 DM.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	305—306

Karl Heinrich Viets†

11. 5. 1882—16. 6. 1961

Elf Monate vor seinem 80. Geburtstag ist Dr. h. c. Karl Viets in Bremen verstorben; in Bremen wurde er auch geboren, und hat er als Lehrer bis zu seiner Pensionierung 1948 gewirkt und als Forscher gearbeitet. Von F. Koenike angeregt zur Beschäftigung mit den Hydrachnellae hat K. Viets über 50 Jahre lang Hydracarinen bearbeitet; seine erste Publikation erschien 1907, die letzte 1959, insgesamt 265 Arbeiten über Wassermilben. Mit bewundernswerter Energie und Gewissenhaftigkeit

untersuchte Karl Viets eigene Aufsammlungen und ihm zugesandte aus der ganzen Welt, wie die der Deutschen Südpolar-Expedition, der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition, der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition, der Schwedischen Südpolar-Expedition, u. a. Für die bekanntesten deutschen Bestimmungswerke übernahm er die Bearbeitung der Hydracarinen, so im Brohmer, „Fauna von Deutschland", im Brohmer—Ehrmann—Ulmer, „Tierwelt Mitteleuropas", in P. Schulze, „Biologie der Tiere Deutschlands", im Grimpe & Wagler, „Tierwelt der Nord- und Ostsee" und im Fr. Dahl, „Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile".

So war Karl Viets als Acarologe weltweit bekannt und geachtet. Die wissenschaftliche Anerkennung und Ehrung blieb nicht aus, indem er seit 1918 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (der späteren Max-Planck-Gesellschaft) in Plön war, 1928 zum Honorary Member of the Quekett Microscopical Club, London, ernannt und fast gleichzeitig zum Ehrendoktor der Philosophischen Fakultät der Universität Kiel promoviert wurde. Bald darauf erfolgte noch seine Wahl zum Korresp. Mitglied der Rumänischen Akademie der Wissenschaften. Die Heimatstadt verlieh dem hochgeachteten Sohn und Mitbürger 1957 die Senatsmedaille für Kunst und Wissenschaft, und für seine umfangreiche Arbeit über die Wassermilben aus dem Einzugsgebiet der Weser, die seine letzte sein sollte, wurde ihm im November 1958 noch der Bremer Senatspreis verliehen.

Als besondere, Achtung gebietende Arbeit wuchs bei der jahrzehntelangen Beschäftigung mit den Hydrachnellae und Halacaridae sein umfangreichstes Werk „Die Milben des Süßwassers und des Meeres" heran, welches Bibliographie, Katalog und Nomenklator umfaßt und 1955/56 erschienen ist. Staunend bewundern wir, wie ein Einzelner so etwas nahezu lückenlos zusammentragen und bewältigen konnte, und alle, die sich heute und in Zukunft mit den Hydracarinen beschäftigen werden Karl Viets für diese Leistung den allergrößten Dank zollen.

So wie K. Viets in jungen Jahren von seinem Lehrmeister Koenike Auskunft und Rat erhielt, so teilte er selbst später bereitwilligst aus seiner großen Überschau mit in lebendiger Korrespondenz und gab hier und da helfenden Wink; und wer gar das Glück hatte, ihm in seinem Studierstübchen gegenübersitzen und Zweifelsfragen diskutieren zu können, der lernte neben dem Forscher auch den Menschen in Karl Viets bewundern und verehren.

Daß seine nebenberufliche Beschäftigung mit den Hydracarinen, die ihm mit zum Lebensinhalt geworden war, auch den ältesten Sohn Kurt Otto Viets, der gesund aus dem Kriege zurückkam – der jüngere fiel 1941 —, anregte, sich mit den Hydrachnellae zu beschäftigen und somit sein Lebenswerk zum Teil fortzusetzen, war dem Vater Viets in den letzten 10 Jahren seines arbeitsreichen Lebens eine stille, aber ganz große Freude.

Erich Schulz, Kiel

Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 3 | 1961 | 307—308

D. S. Rawson F. R. S. C. †

19. 1. 1905—16. 2. 1961

The sudden death of Dr. D. S. Rawson, head of the Department of Biology at the University of Saskatchewan, has deprived limnology of one of its ablest and best known men. For over 30 years Rawson worked on the North American lakes, collecting data of the kind which form the empirical basis of limnology. As a regional limnologist he worked on Lake Simcoe in Ontario, on lakes in British Columbia, alpine lakes in the Rockies, saline and northern lakes in Saskatchewan and Great Slave Lake in the subarctic. Of his many studies those of Great Slave Lake are the most notable

because of their intrinsic interest, and because of the practical difficulties which had to be overcome.

Rawson's surveys were aimed at determining the major features of the environment, and their broad scope is shown by his publications on morphometric and thermal characteristics, oxygen content and chemical factors, benthos, net plankton, algal indicators, sampling equipment and fisheries biology. The central theme, however, which unified this diversity was that of productivity. Rawson, with his colleagues, assessed the standing crops of plankton and bottom fauna, and the annual fish production per unit area of many lakes and was able to show that these quantities held an approximate hyperbolic relationship with mean depth. In this way he gave order to a wealth of data from many sources and made it possible to predict levels of production, for a given geological area, from one simple index.

Usually his studies were made over a fairly short period and he was well aware that this limited their value for he recognized that progress in limnology depends greatly on long-term intensive work; he was therefore planning continued observations on lakes in central Saskatchewan.

To his teaching and administration Rawson brought gifts of lucid exposition and abundant common sense, and his immense practical experience made him a valued adviser at the Provincial, National and International levels. In appearance he was good-looking and distinguished; in character hospitable and generous in his help to others. He concerned himself over the well-being of his students far beyond the bounds of duty, and he had a habit of foreseeing their difficulties and helping them with them.

By his own work, by his teaching, and by his interest in every aspect of lake studies, Rawson did more for limnology in Canada than anyone else. It is especially sad that he should be lost to us at the height of his powers. He is survived by his widow, two sons and a daughter.

J. H. Mundie, Windermere

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	309—406

Heinz Löffler

II. Zoologisches Institut der Universität Wien

Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer II

Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceenfauna

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 309
2. Übersicht über die iranischen Binnengewässer 310
3. Der Hamun-See in Seistan 313
4. Die Gewässer des Lut-Beckens 324
5. Der Famur-See bei Kazerun 327
6. Gewässer des Esfahan-Sirjan-Beckens 330
7. Der Zeribar-See in Kurdistan (Merivan) 334
8. Die Gewässer des Rezaiyeh-Beckens 338
9. Murd-ab (Kaspi-Gebiet, Gilan) 345
10. Klimatisch-ökologische Analyse der Entomostrakenfauna in Iran 351
11. Zur Salinitätstoleranz von Binnenwasser-Entomostraken 353
12. Zur Frage der Beziehung salinarer Binnengewässer zum marinen Brackwasser . . . 361
13. Systematischer Anhang 368
14. Zusammenfassung 394
15. Literatur 395

1. Einleitung

Die große asiatische Gebirgsachse, die sich im persisch-afghanischen Raum und östlich vom Pamirknoten zu weiten Hochflächen verbreitert, um schließlich den östlichen Rahmen des Kontinents zu bilden, zeichnet sich, ähnlich wie die europäischen und amerikanischen Gebirgssysteme, durch einen großen Reichtum an Seen aus. Freilich sind diese Binnengewässer, den klimatischen Bedingungen der einzelnen Abschnitte entsprechend, sehr unregelmäßig verteilt und treten besonders dort, wo im Gebiet des iranischen Hochlands der altweltliche Trockengürtel das asiatische Gebirgssystem kreuzt, stark an Zahl zurück. Während so die benachbarte Türkei noch als ein an Seen außerordentlich reiches Land gelten kann, übersteigt die Zahl solcher Binnengewässer in Iran, wie weiter unten in einer Übersicht gezeigt werden soll, 70 sicher nicht, wobei hier schon Gewässer mit einer Fläche von weniger als 1 km² mit aufgenommen wurden (Iran besitzt den dreifachen Umfang der Fläche Frankreichs!). Und im östlich angrenzenden Afghanistan dürfte die Zahl noch weit niedriger liegen (Humlum, 1959, führt neben dem Grenzsee Hamun-e-Hilmand nur 4 weitere Seen an).

Daß die Binnengewässer des nichtinsulären und außerrussischen Asiens wenig untersucht sind, ist eine bekannte Tatsache, und an anderer Stelle wurde auch bereits die geringe Kenntnis der iranischen Seen hervorgehoben (LÖFFLER 1956). Daß sich unter letzteren trotz ihrer geringen Zahl zum Teil außerordentlich interessante Typen finden, versuchte ich in einer Studie über den Niriz-See zu zeigen (LÖFFLER 1959), und das soll auch in dieser Arbeit zum Ausdruck kommen. Freilich wird es auf Grund der in der Regel nur kurzfristigen Untersuchungen der meisten von den untersuchten Seen kaum möglich sein, eine geschlossene limnologische Beschreibung zu geben, doch hoffe ich, daß die hier gebotenen Daten und vor allem auch der limnozoogeographische Überblick der Crustaceenfauna genügend Interesse bieten, um ihre Veröffentlichung zu rechtfertigen.

Vorliegende Darstellung ist das Ergebnis einer sechsmonatigen Reise in Iran (April bis Oktober 1956), die wie bereits früher hervorgehoben wurde, vor allem durch die American Philosophical Society, die Österreichische Akademie der Wissenschaften, das Bundesministerium für Unterricht und den Theodor-Körner-Fond ermöglicht wurde. Außerdem erfolgt im Rahmen dieser Arbeit die nachträgliche Bearbeitung des Ostrakodenmaterials der Iranreise 1949/50. Für die Bearbeitung bzw. Bestimmung einzelner systematischer Gruppen habe ich folgenden Herrn zu danken: Prof. H. SKUJA und Dr. E. FETZMANN (Algen), Dr. F. HUSTEDT (Diatomeen), Prof. R. WOOD (Characeen), Dr. K. RECHINGER (höhere Wasserpflanzen), Dr. J. HAUER (Rotatorien), Dr. R. BRINKHURST (Oligochaeta), Dr. M. STRASKRABA (Amphipoda), Dr. J. SCHWOERBEL (Hydracarinen), Dr. W. WÜLKER (Chironomiden), Dr. E. WAGNER (Hemiptera) und endlich Prof. V. BREHM für zahlreiche wertvolle systematische Hinweise gelegentlich der Bearbeitung der Diaptomiden. Bezüglich der Methodik verweise ich auf das gelegentlich der Niriz-See-Arbeit Mitgeteilte (LÖFFLER 1959), um hier unnötige Wiederholungen zu vermeiden.

2. Übersicht über die iranischen Binnengewässer

Besondere Schwierigkeiten bereitete die Ermittlung der iranischen Binnenseen, da sich hier vor allem der Mangel an brauchbaren Unterlagen bemerkbar macht. Das neueste geschlossene, für das ganze Land vorliegende Kartenwerk is herausgegeben vom Air Fotographic and Charting Service der United States Air Forces, St. Louis 18 in der Edition 1955, 1:500000 und Edition 1958 1:1000000. Ergänzende Angaben stammen vor allem von meinem damaligen Reisegefährten Herrn Prof. H. BOBEK, von Herrn Prof. A. GABRIEL, dessen Landeskenntnis in zahlreichen Büchern Niederschlag gefunden hat, und schließlich konnte manches aus eigenen Beobachtungen hinzugefügt werden. Abb. 1 und Tab. 1 liefern eine Übersicht sämtlicher iranischer Binnengewässer; mit Absicht wurde dabei auf die Darstellung der kurzfristigen Wasseransammlungen innerhalb der „Kawir"(= Salzsumpf-)Gebiete verzichtet, da nunmehr sogar die Existenz pleistozäner Seen in diesen Zonen bezweifelt wird (vgl. BOBEK 1959), nachdem sich herausstellte, daß in Iran eine Pluvialperiode fehlte, wie sie etwa für die Sahara von Bedeutung war.

Abb. 1 läßt deutlich erkennen, daß die meisten Binnengewässer entlang der Wasserscheide des großen abflußlosen Binnenraumes gegen die exorheischen Gebiete des Westens und gegen die Kapsi-See zu liegen, aber sich auch hier wieder auf jene Gebiete beschränken, die als humid bis trocken-subhumid (= semiarid) bezeichnet werden können. Eine Ausnahme hierin bilden die zahlreichen Endseen, die dank ihrer verstärkten Wasserzufuhr oft in ausgesprochen aride Zonen verlagert erscheinen. Jedoch nehmen auch sie, der Kammerung des zentralen abflußlosen Raumes entsprechend, die tiefsten Senken der randlichen Binnenbecken ein. So gehört es zu den

Tabelle 1. Die Seen Irans und ihre wichtigsten Daten

See	Areal in km²	max. Länge in km	Seehöhe	Einzugsgebiet in km², Art des Sees	
2 Seen n. v. Kara-su	—1	1,0	1000	?	(65 km nw. v. Ardabil)
●Ak-göl (Weißer See)	5	3,5	900	?	
3 Quellseen bei Maku	—0,25	—0,5	1400	—	
●Guru-göl	1,5—2	1,4	1800	?	
Haftlan-Ku-See	0,3	0,75	1600	?	
Tacht-e Soliman-See	?	?	2200	—	
2 Sahand-Seen, 14 km sö. v. Gipfel	0,3 ?	0,5	2200	—	Maare
3 Seen 40 km sö. v. Sahand,	0,3—0,5	—1,0	1700	?	
See 23 km ssö. v. Gurugöl,	2,0	1,5	2200	?	
●Schor-göl	0—13	6,5	1310	?	
●Lulunar	2,5	3,0	1320	?	Schwemmfächer
●Kopi-göl	—6	4,0	1340	?	
Tatawi-See	1	1,0	1340	—	
●Dschingis-göl	—1	1,0	1350	?	
●Kara-göl	—1	1,0	1350	?	
●Malek-kand-See	0,75	1,0	1310	?	Schwemmfächer
●See von Binab	0,5	0,5	1290	?	
■Urmia-(Rezajeh-)See	5780	149	1273	43000	
Nur-göl (Licht-See)	1,5	1,5	2500		Fluß-See
See südl. Säfid-rud	0,6	1,0	1800	?	
See östl. Säfid-rud			900		Fluß-Stausee
See v. Zarabad	0,3	1,0	1800	?	
Eissee, Tacht-e Soleiman	0,5	0,2	knapp u. 4000	1—2	Gletschersee
Großer Tarsee	1,4	1,9	2870	22	
Kleiner Tarsee					
Zeribarsee	8	5,0	1435	95	
●Al-göl (roter See)	5	3,0	1700	?	
Gherar-See	4	4,0	2400	50	
Mahal-Bakh-See	2,5	2,5	2000	—50	
Stausee Kuh-räng[1])	0,1	0,6 (.0,1)	2500		Stausee
Mangar-See	—20	10—15	9000	350	Schwemmland, eigenes Becken, Karstgebiet
Buldaji-Seen: Chigakhor	—10	?	2500	?	Schwemmland
Silligunsee 5 km (westl. v. Chigakhor,	—20	?	1800	?	des oberen Ab-e Vanak
See v. Silah	3	3,0	1800	?	Eig. Becken
Seen in Seitental des	0,75	2,0	1900—2000	?	Fluß-Seen
Karun	0,5	1,0			
See v. Kan Säfid	1	1,5	1000	? (klein)	Karstsee ?
Pulvarsee	—32	9,0	2150		Fluß-See
●Famur (Parishan)	—44	15,0	820	290	Quell-See, Karstgebiet

Tabelle 1 (Fortsetzung)

See	Areal in km²	max. Länge in km	Seehöhe	Einzugsgebiet
Seen nördl. Dasht-e	1,2	1,5		
Ardjan	0,5	1,0	2500	kleine Karstseen ?
	0,5	1,0		
See westl. Ahwaz	0,5 ?	0,5	10—20	Schwemmland
■Haus-e Sultan, West-	320	18,0		
Teil, Ost-Teil	150	12,0	800	? Endseen
■Tuzlu-göl (Salzsee)	180	18,0	850	5000 Endsee
■Gavkhaneh	125—	20,0—	1100	60350²)Endsee
●■Niriz-See	1210—1810	72	1525	26440 Endsee
■Maharlu	150—210	30	1500 ?	3650 Endsee
●Dschaz-Morian	—500	—40	450	68000 Endsee
●Hamun-e Schah-e Gabi	50 ?	15 ?	1200	2000 ?kleines Becken
●Hamun-e Hilmand	1525—4040	155	487 ?	255000
2 Seen Atrek-Mündung	15 u. 20	5—7	0	?
See 50 km nö. Gorgan	5	3		

● = — „mesohalin
■ = hyperhalin
¹) Nach SAWYER (1894) gibt es noch einen kleinen „Salzsee" am Südhang des Zardkuh (Cherri-Paß).
²) Anteil des Sajendeh-rud: 25500 km²

Eigentümlichkeiten des iranischen Raumes, daß keiner der Flüsse bis gegen das Zentrum des endorheischen Gebietes vordringt. Eine Ausnahme bildet hierin das gewaltige Hilmand-System, dem der weit in Wüstenräume vorgeschobene Hamun-See seine Existenz verdankt. Doch liegt er zum Teil bereits auf afghanischem Boden. In vertikaler Hinsicht läßt sich für die meisten iranischen Binnengewässer ihre bedeutende Höhenlage hervorheben. Nur wenige Gewässer liegen auf Meereshöhe oder im Kryptodepressionsgebiet des Kaspisees (also ganz entgegengesetzt den Verhältnissen im angrenzenden Irak, die ihresgleichen auch nicht in der flachen benachbarten iranischen Provinz Khusistan haben), andererseits sind Seen über 3000 m kaum zu finden, so daß sich die Masse aller Binnengewässer in die Höhenstufen zwischen 1800 und 2500 m einordnen läßt. Dem entspricht weitgehend ihre Lage in den für Iran charakteristischen Klimazonen 1. „Gärmsir" (subtropische Tiefenstufe mit Dattelanbau), 2. eine subtropische Mittelstufe, 3. „Särdsir" (Höhenstufe mit Anbaumöglichkeiten der gemäßigten Zone) und 4. „Särhadd" (Hochregion oberhalb Wald- und Getreidegrenze). Nur sehr wenige Gewässer liegen, wie auch Abb. 1 wieder zeigt, innerhalb des „Gärmsirs", das heißt des Bereichs der Dattelkulturen, wozu vor allem der Famur-See bei Kazarun gerechnet werden kann. Schon der Hamunsee liegt oberhalb dieser Höhenstufe, allerdings noch im Bereich prekärer Dattelkulturen, mit gelegentlichen Winterfrösten, die als Zwischenstufe zwischen 1 und 2 angesehen werden kann (vgl. BOBEK 1952, 1954). Und auch der Niriz-See gehört bereits der 2. Höhenstufe an. Ebenso sind die Küstengebiete der Kaspi-See der Zwischenstufe zwischen 1 und 2 zuzuordnen, die einer isolierten Klimainsel entsprechen.

arme des Hilmand ein Oasengebiet, wie es seinesgleichen am Hochland von Iran nicht gibt. Denn an sich ist dieses iranisch-afghanische Grenzgebiet Wüstenzone mit Niederschlägen, die im Zentrum 0 bis 50, an seinen Rändern 50 bis 100 mm jährlich betragen. Sie übersteigen in keinem Monat 1 cm, doch liegt ein Maximum im März, während die Monate Juni bis September praktisch regenfrei sind. Trotz seiner geringen Höhenlage ist das gegen Norden offene Seistan-Becken wärmemäßig sehr benachteiligt, was darin zum Ausdruck kommt, daß ihm Dattelkulturen fehlen, während solche im Randgebiet der Lut, mehrere 100 m höher, noch ganz gut fortkommen (Bobek 1954). Doch fällt es noch in die Zone prekärer Dattelpflanzungen. Die Jännermittel liegen bei 9° bis 10 °C, mit häufigen Frösten während des Winters, jene des Juli fallen in Temperaturbereiche zwischen 32° und 35 °C. Daß Seistan gegen Norden geöffnet ist (kein wesentlicher Gebirgsriegel ragt zwischen Hamungebiet und Turkestan auf), hat aber auch noch eine sehr starke Durchlüftung des Raumes zur Folge, die im bekannten „120-Tage Wind" ihren Ausdruck findet. Von Mai bis September blasen fast unaufhörlich NNW-Winde, die 100 hkm häufig überschreiten. Ihr Maximum an Stärke erreichen sie meist zwischen Mitternacht und frühem Morgen und oft auch tagsüber zwischen 8 und 17^h. Außerordentlich starke Überflutungen im Süden und Verlagerungen der gesamten Wassermasse des Sees sind das regelmäßige Ergebnis dieser heftigen Luftbewegungen. Sandstürme und rasch wandernde Sanddünen sind im Gebiet durchaus keine Seltenheit.

Während das Gebiet in wirtschaftlicher Hinsicht als Deltakultur gewisse Ähnlichkeiten mit dem Nilmündungsgebiet erkennen läßt (die vollkommen sterile Umgebung verstärkt diesen Eindruck, auch hat es dieselbe geographische Breite, jedoch ein völlig anderes Klima), könnte man es vom hydrographischen Standpunkt aus am ehesten mit dem Tschad-Gebiet vergleichen. Denn so wie dort mehrere größere Flüsse in den flachen Tschad-See münden, der im Bahr el Ghazal einen fallweisen Abfluß gegen die Tschadsenke besitzt und daher fast süß ist, so bringt auch hier der Hilmand und neben ihm vor allem noch der Kach-rud und Farah-rud aus dem Norden verhältnismäßig große Wassermengen, die normalerweise im Hamun-See verbleiben bzw. dort verdunsten und nur bei überdurchschnittlicher Anlieferung durch den Shelagh-Fluß in den Gaud-e Zirreh abgeführt werden. So verblieb auch dieser See über Jahrtausende hinweg fast süß, indem die sich anreichernden Salze immer wieder in den eigentlichen Endsee gelangen. Dies ermöglichte auch die Tradition einer eigentümlichen Sonderform der Weidewirtschaft mit ortsfester Rinderzucht, die sicher seit Jahrtausenden besteht und einen urtümlichen Eindruck macht: weiter unten wird darüber noch zu berichten sein.

Das Einzugsgebiet des Hamun-Sees hat eine Größe von rund 260000 km² und übertrifft damit jenes vom Rhein noch beträchtlich an Fläche (Abb. 3). Für den Gaud-e Zirreh erhöht sich dieser Betrag auf rund 273000 km², die sich folgendermaßen aufteilen:

Hilmand-rud und Zuflüsse	151 300 km²
Andere Zuflüsse:	
Kach-rud, Farah-rud, Khouspas-rud, Adraskand-rud	85 300 km²
Hamun-See und sein iranisches Einzugsgebiet:	~23 200 km²
(zuzüglich dem südl. Einzugsgebiet des Gaud-e Zirreh)	
Gaud-e Zirreh:	13 000 km²
	272 800 km²

Über die Wasserführung des hauptsächlichen Lieferanten, des Hilmand ist durch zahlreiche Dammprojekte in letzter Zeit einiges bekannt geworden, und ich entnehme

hier die entsprechenden Zahlen HUMLUM (1959), die freilich von Kadjakai stammen, einem Ort oberhalb der Einmündung des hauptsächlichen Nebenflusses Argandab (Einzugsgebiet 75300 km²) und daher nur eine sehr relative Vorstellung der Wassermengen bei Kukak geben: Es betragen im Jahr das

Mittel (1947—55)	5853 Mill. m³,	186 m³/sec
Maximum	7612 Mill. m³,	243 m³/sec
Minimum	4454 Mill. m³,	141 m³/sec

Und für Argandab (40 km nördlich Kandahar):

Mittel (1947—55)	1043 Mill. m³,	33 m³/sec
Maximum	1675 Mill. m³,	53 m³/sec
Minimum	572 Mill. m³,	18 m³/sec

Diese Wasseranlieferung ist im Verlauf eines Jahres freilich großen Schwankungen unterworfen und erreicht ihr Maximum zur Zeit der Schneeschmelze, also vor allem im April: demnach besitzt der See auch seine höchsten Wasserstände im April und

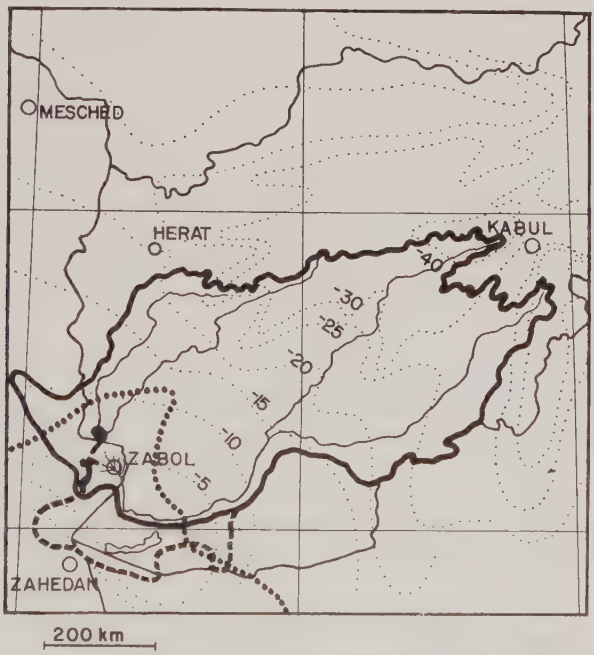


Abb. 3. Einzugsgebiet des Hamun-Sees (dicke ungebrochene Linie); unterbrochene dicke Linie: Einzugsgebiet des Gaud-e-Zirreh; dicke, punktierte Linie: Grenze des prekären Dattelanbaus nach BOBEK; fein punktierte Linien: Jahresniederschläge in cm.

Mai und nimmt dann im Verlauf des weiteren Jahres ständig ab, wozu die starken Winde außerordentlich beitragen. Freilich kann, wie ANNANDALE (1921a) berichtet, die Wasserzufuhr in manchen Jahren so gering sein, daß dann der ganze See austrocknet (wie dies 1871 und 1903 geschehen sein soll).

Da sich das obere Einzugsgebiet hauptsächlich aus präkambrischen Gneisen, Graniten und Quarziten zusammensetzt, ist von dort ein elektrolytarmes Wasser zu erwarten, wie dies auch durch die Angaben der totalen Salinitäten in den einzelnen Flußabschnitten bestätigt wird (HUMLUM 1959).

Die totalen Salinitäten von Hilmand und Argandab betragen:

Hilmand:	bei Kadjakai:	0,2‰
	im Becken von Seistan:	0,6‰
Argandab:	40 km nördl. Kandahar:	0,3—0,5‰
	Mündung in den Hilmand:	0,6—0,7‰

Wahrscheinlich nimmt der Hilmand in seinem Lauf durch die Wüstengebiete östlich von Seistan Salze auf (NaCl und vor allem auch Erdalkalibicarbonate), die zum deutlichen Anstieg der Totalsalinität im Endabschnitt führen. Eine eigene Analyse liefert Daten für das Wasser von Nahur-ab, einem der Hauptmündungsarme im Hilmanddelta (bei Sarhak), das dort am 19. Mai, zur Zeit ausgesprochenen (und ungewöhnlichen starken) Hochwassers entnommen wurde. Dieses Hochwasser erklärt auch wahrscheinlich den geringeren Wert der totalen Salinität von 0,3‰.

	lgm	mval		lmg	mval	
$Ca^{\cdot\cdot}$	42	2,1	SBV		2,68	pH 7,70
$Mg^{\cdot\cdot}$	11,5	0,95	SO_4^{--}	50	1,04	L 298
$Na^{\cdot}$	20	0,87	Cl^{-}	15	0,42	
$K^{\cdot}$	9	0,23				

Beachtlich ist hier vor allem der relativ hohe Kaliumgehalt, der im See um weniges ansteigt, während die Na-Ionen dort außerordentlich hohe Werte erreichen. Zur Zeit der Untersuchung führte der Fluß (Nahurab) auch außerordentlich große Mengen von Glimmerpartikeln mit sich, die sich auch in den Seeproben bei Lutak, Adimi und Lab-e Baring in größeren Mengen finden. Es ist durchaus möglich, daß man mit Hilfe dieser Glimmerpartikel die jährlichen Sedimentationsmengen in Bohrprofilen festlegen können wird.

Der Hamun-See: von Kukak an spaltet sich der Hilmand zu einem gewaltigen Deltasystem auf, welches das Zentrum der Landwirtschaft in Seistan ist und dessen Wasserverbrauch nicht hoch genug veranschlagt werden kann: somit ist die tatsächliche Wasserzufuhr für den See wahrscheinlich nur während des Frühjahrs von Bedeutung. Die einzelnen — künstlichen und natürlichen — Wasserzüge des Deltas, dessen mittlere Achse etwa NW–SO gerichtet ist, fließen gegen die drei hauptsächlichen Becken des Hamunsees, nämlich gegen den südlichen Hamun-e-Kuh-e-Khodsha, den nördlichen Hamun-e-Sabari und den nordöstlich gelegenen Hamun-e-Puzak zu. In der Gegend des über 100 m vom See-Niveau aufragenden Kuh-e Khodsha besteht häufig eine Landbrücke zwischen den beiden Seeteilen, die allerdings während der Untersuchungsperiode überflutet war. Weit mehr als die Hälfte der Seefläche ist mit Röhricht (*Phragmites sp.*, *Scirpus litoralis* und *Typha sp.*) verwachsen, das Anlaß zur Bewirtschaftung dieser riesigen Seeweiden gibt.

Dieser Reichtum an Wasserpflanzen wird seit alters her von den „Gawdars" („Kuh-Hirten") genutzt, die neben den „Saijads" (Jägern) dort das Gebiet bewohnen. Das Vieh (hauptsächlich Buckelrinder) wird mit *Typha* und *Phragmites*, vor allem aber auch mit *Scirpus* gefüttert, wie dies auch von Holstein, besonders aber für die neuere Zeit vom Titicaca-Gebiet bekannt ist. Ebenso werden die Hütten weitgehend aus *Phragmites* hergestellt, besonders aber die eigentümlichen Boote aus *Typha* („tut", Boote darnach als Tutins bezeichnet). Derartige Boote sind in ähnlicher Ausführung vom Gangesdelta, vom Tschadsee und als „Balsas" vom Titicaca-Gebiet bekannt (dort jedoch aus *Scirpus tatora* gefertigt). Wahrscheinlich hatten

diese urtümlichen Kulturen ihren Höhepunkt vor dem Einfall Tamerlans (um 1383) erreicht, von dessen Zerstörungen sich Seistan nie wieder ganz erholte. Reste alter Bewässerungssysteme lassen jedenfalls eine früher weitaus umfangreichere Irrigation erkennen.

Auch gegenüber vom Standlager bei Lab-e Baräng war nach einer weiteren Uferschwelle, die mit Tamarisken bewachsen und damals überschwemmt war, ein dichter Gürtel von hauptsächlich *Scirpus* gegeben, untersetzt mit *Typha* und weniger *Phragmites*. Die Tiefe betrug dort bloß 1,1 m, dürfte aber an manchen Orten 2 m überschreiten. Da ANNANDALE (1921a) von Tiefen bis zu 2,5 m berichtet, die während der trockensten Zeit gefunden wurden (ebenfalls im Raum von Baräng), muß sogar angenommen werden, daß die Tiefen zum Zeitpunkt der Untersuchung bei verhältnismäßig hohem Wasserstand mancherorts 3 m überschritten.[1]) Die übrigen Maße des Sees lassen sich nur sehr bedingt darstellen:

Hamun-e Puzak	135— 910 km²
Hamun-e Sabari	774—1600 km²
Hamun-e Kuh-e Khodsha	616—1540 km²
Totale Fläche	1525—4050 km²

Diese Flächenwerte können natürlich in manchen Jahren noch weit unter- bzw-überschritten werden und sind hauptsächlich auf die Ausdehnung des Wassere pflanzenbestandes resp. der freien Wasserflächen zum Zeitpunkt der Kartenaufnahme (korrigiert 1958) bezogen. Die auf der Höhe des Kuh-e Khodscha meistens bestehende Landbrücke war zur Zeit der Untersuchungen überschwemmt, so daß der See seint maximale Ausdehnung von 150 bis 160 km gehabt haben mochte. Meistens trockne. der südlich von dem das Landschaftsbild bestimmenden Berg Khodschah (er erhebt sich über 120 m am Ostrand des Seegebietes) nach diesem benannte Seeteil zuerst aus, wie auch ANNANDALE (1921a) bereits festhält, während der nördlich davon gelegene Hamun-e Sabari nur selten vollständiger Austrocknung anheim fällt. Und während im Osten die Grenzen des eben genannten Seeteiles nur schwer festzulegen sind, ist die Küstenlinie im Westen durch einen Steilabbruch bestimmt, der bis zu 15 m betragen kann. Dieser Abbruch besteht aus einem fossilarmen tonigem Material und gab ANNANDALE (1921a) Anlaß, eine Theorie über die Entstehung des rezenten Hamun-Sees zu formulieren: nach diesem Autor sind die genannten Tonklippen nichts anderes als lakustrine Ablagerungen, deren Fossilarmut nur durch die Existenz eines ehemals großen Salzsees zu erklären sei, von dem heute nur noch der Gaud-e Zirreh besteht. Durch eben diese umfangreichen Ablagerungen in dem vermuteten Salzsee und nicht zuletzt auch durch die Verlagerung der Hilmand-Mündung nach Norden sei schließlich das Hamun-Becken und dessen Abfluß, der Schelagh, in seiner heutigen Gestalt entstanden, wo nunmehr das Wasser durch periodische Abfuhr in den Gaud-e Zirreh weitgehend elektrolytarm bleibt. Und als Stützung seiner Theorie hebt ANNANDALE die immer wieder zunehmende Versalzung des Hamun-Sees — Folge der Auslaugung der durch den alten Salzsee abgelagerten salzreichen Schichten — hervor, die tatsächlich recht eindrucksvoll ist, wie weiter unten noch gezeigt werden kann.

Neueren Ansichten zufolge haben die erwähnten Tonklippen am Westufer des Hamun-e Sabari nichts mit einem alten Salzsee zu tun, sie sind keine lakustrinen Ablagerungen, sondern verdanken ihre Entstehung hauptsächlich einer jüngeren Hebung — wie sich im Gebiet des Hamun denn auch deutlich 2 Hebungsachsen

[1]) Im Jahr zuvor hatte extremer Wassermangel zu einer Einschränkung der Kulturen der Oase um ein Drittel gezwungen (BOBEK 1956).

verfolgen lassen (mündl. Mitt. Prof. BOBEK). Wohl aber mag ursprünglich eine enge Verbindung des Hilmand mit dem Gaud-e Zirreh bestanden haben, so daß der heutige Hamunsee vielleicht sogar als verhältnismäßig junge Bildung anzusehen ist. Wieweit der See während der postglazialen Trockenzeit reduziert war, läßt sich derzeit kaum abschätzen, doch mag der Hilmand auch damals genügend Wasser zugeführt haben, um den Bestand des Sees zu sichern.[1]) Somit ist der rezente Hamun-See wahrscheinlich kein direkter Abkömmling des alten, hauptsächlich weiter südlich gelegenen Sees, dessen Becken heute, eben infolge der Verlagerung des Hilmand, die meiste Zeit von mehr oder minder trockenem Kawirboden erfüllt ist und nur zu Zeiten großer Überschwemmungen mit Hamunwasser aufgefüllt wird.

Schon ANNANDALE (1921a) liefert einige Analysen des Wassers vom Hamunsee, deren Ergebnisse hier zunächst mitgeteilt seien:

Hamun, etwa 6 km östlich Lab-e Baräng

	lmg	mval		lmg	mval
$Ca^{\cdot\cdot}$	35,5	1,77	SO_4^{--}	571	11,9
$Mg^{\cdot\cdot}$	134	11,02	Cl^-	529	14,9 daher SBV:
$Na^{\cdot}$	535	23,23			10,63 (errechnet)
$K^{\cdot}$	55	1,41			

Hamun, etwa 1,5 km nördlich von Lab-e Baräng

	lmg	mval		lmg	mval
$Ca^{\cdot\cdot}$	24,5	1,225	SO_4^{--}	354	7,37
$Mg^{\cdot\cdot}$	93	7,65	Cl^-	340	9,6 daher SBV:
$Na^{\cdot}$	232	10,1			6,27 (errechnet)
$K^{\cdot}$	167(!)	4,27			

Diesen Werten seien gleich die eigenen Ergebnisse angeschlossen, und zwar ebenfalls aus dem Gebiet von Baräng:

		lmg	mval		lmg	mval		
22. 5.	$Ca^{\cdot\cdot}$	43	2,15	SO_4^{--}	309	6,44	SiO_2	9 lmg
	$Mg^{\cdot\cdot}$	60	4,94	Cl^-	252	7,21	L	$1532 \cdot 10^{-6}$
	$Na^{\cdot}$	243	10,58	SBV		4,30	pH	7,7
	$K^{\cdot}$	11	0,28					
24. 5.	$Ca^{\cdot\cdot}$	51	2,55	SO_4^{--}	283	5,89	SiO_2	
	$Mg^{\cdot\cdot}$	58	4,77	Cl^-	234	6,61	L	$1440 \cdot 10^{-6}$
	$Na^{\cdot}$	236	10,27	SBV		4,70	pH	
	$K^{\cdot}$	12	0,31					

Weiter eine Probe des Sees bei Gawdar (Ostufer bei Zabol 17. 5. 56):

15. 5.	$Ca^{\cdot\cdot}$	57	2,85	SO_4^{--}	110	2,29	SiO_2	10,5 lmg
	$Mg^{\cdot\cdot}$	19	1,56	Cl^-	44	1,24	L	479
	$Na^{\cdot}$	45	1,96	SBV		2,94	pH	7,4
	$K^{\cdot}$	7	0,18					

[1]) Alte Seeterrassen konnten von BOBEK u. a. bei Lab-e Baräng und am Kuh-e Khodschah in +8 m bestätigt werden.

Aus dem Vergleich der Analysenergebnisse geht zunächst hervor, daß die Werte bei ANNANDALE vielfach recht unwahrscheinlich sind, vor allem aber die Kaliummengen sicher zu hoch angegeben wurden: dies läßt schon die Differenz zwischen den beiden von diesem Autor gegebenen Barängwerten erkennen. Gleichermaßen dürften die Magnesiumgehalte und wahrscheinlich auch die Natriumwerte nur bedingt richtig sein. Sämtliche Werte wurden mit Hilfe älterer gravimetrischer Verfahren in Wassermengen von nur bis zu einem halben Liter ermittelt.

Größenordnungsmäßig lassen diese Analysen jedoch nicht nur die winterlichen Höchstwerte (Salinität bis 2,5‰) erkennen, sondern auch die um diese windstille Zeit stark ausgeprägten horizontalen Konzentrationsunterschiede (Nov. bis Dez. 1918/19).

Die eigenen Werte veranschaulichen vor allem das Konzentrationsgefälle vom West- gegen das Ostufer hin, während umgekehrt $Ca^{\cdot\cdot}$ eine leichte Zunahme in dieser Richtung zeigt, die durch die vom Hilmand zugebrachten Mengen verständlich ist. Eine weitere Zunahme der Salzgehalte ist gegen den Süden hin zu erwarten, wie sich auch tatsächlich auf Luftaufnahmen der letzten Jahre (1955) schmale Salzufer am südlichen Seende erkennen lassen. Auffallend für See und auch Hilmand sind die relativ hohen Kaliumgehalte, deren Ursache noch näher untersucht werden müßte.

Da das Hamunwasser nicht bloß als eingedicktes Hilmandwasser aufgefaßt werden kann — das $Mg^{\cdot\cdot}$–$Na^{\cdot}$-Verhältnis unterscheidet sich vor allem durch viel niedrigere $Mg^{\cdot\cdot}$-Werte im See — muß zumindest das Seebecken, wahrscheinlich aber auch das westliche und nördliche Einzugsgebiet, eine derzeit noch unbekannte Rolle für die chemischen Eigenschaften des Sees spielen.

Schon ANNANDALE stellte fest, daß bei Lab-e Baräng nach Nordwind (nach den Ausführungen des Autors eigentlich NO-Wind) Aussüßung der Wassermassen, nach darauffolgender Windstille aber wieder zunehmende Versalzung erfolgt. ANNANDALE erklärt dies einerseits mit Zufuhr der Wässer aus mündungsnahem Gebiet, andererseits mit salzhaltigen Schichten, die im westlichen Teil des Sees als Ablagerungen eines alten Salzsees (vgl. oben) hierfür verantwortlich sein sollen. Leider ist über die geologische Beschaffenheit des Seebeckens noch viel zu wenig bekannt, um diese Annahme zu widerlegen, doch darf wohl angenommen werden, daß der Wechsel der Elektrolytkonzentrationen innerhalb so kurzer Zeiträume ausschließlich auf Windwirkung zurückzuführen ist, wobei zunächst durch Nordwind (auch NO- und Ostwind ?) süßes Wasser zugeführt, durch Rückfluten der salzreicheren Wässer aus dem Süden wiederum Anstieg der Konzentrationen bedingt wird. Zwischen tiefstem Wasserstand bei Nordsturm und Rückflutung ließ sich zur Untersuchungszeit ein Zeitintervall von etwa 20 bis 24 Stunden erkennen, wobei der Wasserstand um etwa 80 cm schwankte. Auf die Probenentnahme am 22. Mai folgte starker Nordsturm und führte erwartungsgemäß zu einer Abnahme fast aller Ionenkonzentrationen, während Bicarbonate und Calzium etwas anstiegen (24. Mai). Wahrscheinlich lagen die Konzentrationen vor der ersten Probenentnahme auch etwas höher, da kurz vorher ebenfalls Stürme stattgefunden hatten (Zeitraum des 120-Tage-Windes).

Übrigens wurde durch den heftigen Nordsturm, der etwa 12 Stunden hindurch anhielt (Mitternacht 23. bis Mittag 23. 5.) auch der Planktonbestand weitgehend verändert, wie im folgenden leicht gezeigt werden kann. So dominierten am 22. 5. abends im See bei Standort Lab-e Baräng *Metadiaptomus asiaticus*, *Filinia longiseta*

und *Microcystis flosaquae*, *Moina dubia* (amiktische Generation) und *Mesocyclops leuckarti aequatorialis* unter folgenden Arten (fett gedruckt):

Cyanophyta
- ***Microcystis flosaquae*** KIRCHNER
- *Nodularia spumigena* MERTENS
- *Pseudanabaena* sp.

Chrysophyta
- Bacilliarophyceae
- *Melosira cf granulata* var. *angustissima* MÜLL.
- *Navicula* sp.
- *Nitzschia* sp.
- *Synedra* sp.

Chlorophyta
- Chlorococcales
- *Pediastrum duplex* MEYEN

Rotatoria
- ***Brachionus calyciflorus v. dorcas*** (GOSSE)
- *Brachionus quadridentatus f. principalis* (SKORIKOV)
- *Euchlanis dilatata* EHRB.
- ***Filinia longiseta*** (EHRB.)
- *Hexarthra mira* (GOSSE)
- *Keratella testudo* (EHRB.)
- *Keratella tropica* (APSTEIN)
- *Notommata cf aurita*

Crustacea
- *Alona pulchella* KING ?
- *Ceriodaphnia cornuta* SARS
- *Daphnia* juv. (*similis* oder *longispina*)
- *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVIN)
- *Dunhevedia crassa* KING
- ***Moina dubia*** (RICHARD)
- *Pleuroxus aduncus* (JURINE)
- *Scapholeberis mucronata* (O. F. M.)
- ***Mesocyclops leuckarti aequatorialis*** KIEFER
- ***Metadiaptomus asiaticus*** (ULJANIN)
- *Phyllodiaptomus blanci* POPPE
- *Ilyocypris* juv. (*divisa* KLIE ?)
- (außerdem *Hydra* spec., Puppenhäute von Chironomiden)

Am 25. 5., ebenfalls abends (die Temperaturen schwankten im freien Wasser um diese Zeit im Verlauf eines Tages zwischen 19,5 und 24,5 °C, Ufer bis 29 °C), zeigten *Moina dubia* und *Mesocyclops leuckarti aequatorialis* eine deutliche Abnahme und *Diaphanosoma brachyurum*, *Nodularia spumigena*, *Pediastrum duplex* eine starke Zunahme, zusätzlich trat *Ceratium hirundinella* in größeren Mengen auf (ebenfalls Standort Lab-e Baräng):

Cyanophyta
- ***Microcystis flosaquae*** KIRCHNER
- ***Nodularia spumigena*** MERTENS

Pyrrophyta
- ***Ceratium hirundinella*** SCHRANK (8)

Chlorophyta
- Chlorococcales
- *Dictyosphaerium pulchellum* WOOD
- ***Pediastrum duplex*** MEYEN (194)
- Conjugales
- *Staurastrum longiradiatum* W. et. G. WEST

Rotatoria
- *Conochilus unicornis* ROUSSELET
- *Euchlanis dilatata* EHRB.
- ***Filinia longiseta*** (EHRB.)
- *Hexarthra intermedia* (WISNIEWSKI) (3)
- *Hexarthra fennica* (LEVANDER) (selten)
- ***Keratella testudo*** (EHRB.) (50)
- *Keratella procurva* (THORPE)
- ***Keratella tropica*** (APSTEIN)
- *Polyarthra vulgaris* CARLIN
- *Synchaeta pectinata* EHRB.
- *Testudinella patina* (HERMANN)

Crustacea
- *Ceriodaphnia cornuta* SARS
- *Ceriodaphnia dubia* (RICHARD)
- *Ceriodaphnia reticulata* (JURINE)
- *Daphnia* juv. (*similis?*)
- ***Diaphanosoma brachyurum*** (LIEVIN) (22)
- *Moina dubia* (RICHARD) (1)
- *Mesocyclops leuckarti aequatorialis* KIEFER (1, Copepodite 58, Nauplien, auch v. *Diaptomus* 60)
- ***Metadiaptomus asiaticus*** (ULJANIN) (23, Cop. 58)
- *Phyllodiaptomus blanci* POPPE
- *Ilyocypris*-Schalen (1) (außerdem *Hydra*, Chironomiden)

Die geklammerten Zahlen geben die Menge der einzelnen Individuen in 5 l wieder (quantitative Probe vom 26. 5., mittags). Nicht gezählt wurden die Einzelzellen von *Microcystis*, zusätzlich fanden sich in dieser Probe noch:

Trichocerca sp. (1)
Lecane luna (O. F. M.) (2)
Cladocerenembryonen (3)

Fast zur selben Zeit (26. 5., 12^h) wurde südlich Rud-e schur im Hamun-See (etwa 10 km NW von Kuh-e Khodscha) eine Probe in den dort riesigen Schilfwiesen entnommen (Scirpo-Phragmitetum, mit *Typha*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Najas major*, Characeen und *Vallisneria spiralis*) und wies wiederum eine völlig andere Zusammensetzung des Planktons auf:

Chrysophyta
Bacilliarophyceae

Chlorophyta
Volvocales

Rotatoria
Euchlanis dilatata Ehrb.
Lecane bulla (Gosse)
Lecane cf glypta
Lecane luna (O. F. Müller)
Lecane lunaris (Ehrb.)
Lecane thalera (Harring & Myers)
Macrochaetus altamirai (Arevalo)
Synchaeta pectinata Ehrb.
Testudinella patina (Hermann)
Notommata sp.
Bdelloide

Crustacea
Chydorus barroisi Richard
Ostracoda juv.
Microcyclops karvei Kiefer
Cyclops-Copepodite
Diaptomus-Nauplien

(Alle Arten in geringer Dichte.)

Der Ausfall der *Diaptomus*-Arten in den Schilfbeständen hat seine Parallele im Neusiedler-See, wo *Diaptomus spinosus* ebenfalls auf die freie Wassermasse beschränkt erscheint. Auch ist hier wie dort das Wasser einerseits in den offenen Seeteilen meist stark getrübt, andererseits in den Vegetationsbezirken deutlich humös gefärbt, aber klar. So hatte denn auch der Seeteil bei Adimi (Gawdar) am Ostufer — die höhere Vegetation tritt in Siedlungsnähe meist stark zurück — außerordentlich starke Trübung und dementsprechend traten dort die Rotatorien artenmäßig weniger in Erscheinung (vgl. Löffler 1959a). Übrigens fand sich in den Proben auch fast kein Phytoplankton. Am 17. Mai waren dort folgende Zooplankter vorhanden:

Rotatoria
Asplanchna sieboldi (Leydig)
Brachionus calyciflorus f. amphiceros (Ehrb.)
Brachionus urceolaris O. F. M.
Filinia longiseta (Ehrb.)
Hexarthra fennica (Levander) (nach dem Nordsturm auch bei Lab-e Baräng!)
Bdelloide

Crustacea
Eocyzicus orientalis Daday
Ceriodaphnia dubia Richard
Ceriodaphnia reticulata (Jurine)
Daphnia magna Straus
Daphnia similis Claus
Ilyocryptus sordidus (Lievin)
Moina dubia (Richard)
Heterocypris sp. (Schale)
Ilyocypris divisa Klie
Limnocythere sancti-patricii Brady & Robertson
Metadiaptomus asiaticus (Uljanin)
Eucyclops serrulatus (Fischer)
Mesocyclops leuckarti aequatorialis Kiefer
Microcyclops varicans (Sars)
Microcyclops karvei Kiefer
Bryocamptus minutus (Claus)
Chloëon sp.
Sigara selecta Fieb. ? (bei Labe- Baräng fanden sich nur juv. *Sigara*-Individuen)

Auch in dem stark getrübten Seeteil bei Lutak ließ sich eine abweichende Planktonzusammensetzung beobachten. Rotatorien fehlten hier völlig (16. 5.):

Crustacea
- *Daphnia similis* CLAUS (nur Ephippien)
- *Chydorus sphaericus* (O. F. M.)
- *Moina juv.*
- *Monospilus dispar* SARS
- *Simocephalus vetulus* (O. F. M.)
- *Ilyocypris divisa* KLIE (hauptsächlich Schalen)
- *Metadiaptomus asiaticus* (ULJANIN) (hauptsächlich Copepodite)
- *Eucyclops serrulatus* (FISCHER)
- *Macrocyclops albidus* (JURINE) (hauptsächlich *juv.*)
- *Cyclops viridis* (JURINE)
- *Microcyclops varicans* SARS

Chironomiden
- *Pelopia* sp.
- *Eucricotopus sp.*
- Tanytarsariae sp.

Große Ähnlichkeit in ihren Planktonbeständen lassen endlich die zahlreichen künstlichen und natürlichen Kleingewässer vor allem im Bewässerungsgebiet des Hilmand-Delta untereinander und mit dem See erkennen, für die im folgenden drei Beispiele gegeben seien:
Stillwasser eines Hilmandseitenarmes südlich von Zabol (16. 5.):

- *Brachionus calyciflorus f. amphiceros* (EHRB.)
- ***Moina dubia*** (RICHARD)
- *Microcyclops karvei* KIEFER
- ***Mesocyclops leuckarti aequatorialis*** KIEFER (haupts. juv.)
- *Thermocyclops rylovi cf vermifer*

künstliches Wasserbecken im Gouverneursgarten, Zabol (16. 5.):

- ***Daphnia similis*** CLAUS
- *Potamocypris almasyi* DADAY
- *Heterocypris incongruens* (RAMDOHR)
- ***Mesocyclops leuckarti aequatorialis*** KIEFER
- Orthocladiinae sp.
- *Chironomus* sp.
- *Cryptochironomus*-Typ
- *Procladius* sp.
- *Eucricotopus* sp.
- *Sigara lateralis* LEACH

Von einem weiteren künstlichen Becken im Gouverneursgarten (Zabol, 18. 5.) liegt eine Analyse auch vom Phytoplankton vor:

Cyanophyta
- *Anthophysa* sp.
- *Aphanocapsa* sp.
- *Oscillatoria Agardhii* var. *isothrix* SKUJA
- ***Pseudanabaena catenata*** LAUTERBORN

Euglenophyta
- *Astasia* sp.

Chrysophyta
- Bacilliliarophyceae
- *Melosira granulata* var. *angustissima* MÜLL.
- ***Nitzschia longissima*** var. ***reserva*** W. ?

Chlorophyta
- Chlorococcales
- ***Ankistrodesmus falcatus*** (Corda) RALFS
- *Pediastrum duplex* MEYEN
- ***Scenedesmus falcatus*** CHOD.
- Conjugales
- *Actinastrum Hantzschii*
- *Selenastrum minutum*
- Ulotrichales
- *Planctonema Lauterborni* SCHMIDLE

Rotatoria
- *Brachionus plicatilis* O. F. M.
- *Rotaria neptunia* (EHRB.)

Crustacea
- ***Heterocypris incongruens*** (RAMDOHR)
- ***Mesocyclops leuckarti aequatorialis*** KIEFER

Die wenigen Angaben, die ANNANDALE (det. GURNEY) über das Plankton des Hamun-Sees liefert, stammen von einem Material aus den Schilfzonen bei Lab-e Baräng (10. 12. 1918) und beziehen sich auf 7 Arten (5 Cladoceren, von denen nur *Bosmina longirostris* in den eigenen Proben fehlt, *Cyclops viridis* und *Herpetocypris reptans*). Etwas aufschlußreicher sind die Listen zweier Tümpel von Zabol (27. 11. und 19. 12. 1918), in denen u. a. (insgesamt 8 Arten) *Cyclops strenuus* sens. lat.? erwähnt wird, zweifellos eine Form des Winterplanktons. Interessant ist auch die Erwähnung von *Eucypris clavata* BAIRD und *Potamocypris villosa* JUR. Ob die angeführte *Leptestheria tenuis* SARS (von GURNEY, da nur ein Individuum vorlag, nicht seziert, sondern bloß nach der äußeren Erscheinung beurteilt) nicht mit *Eocyzicus orientalis* identisch ist, kann nicht entschieden werden.

Weitaus mehr als die übrigen Gewässer Irans besitzt der Hamun-See einen deutlich asiatisch geprägten Formenschatz unter den Entomostraken und damit auch Beziehungen hauptsächlich zur Fauna Turkestans und Indiens, wofür vor allem *Phyllodiaptomus blanci*)[1] Zeugnis ablegt. War das Verbreitungsgebiet dieser Art bisher disjunkt, so erscheint nun durch die Hamun-Funde die Verbindung zwischen indischem und turkestanischem Areal hergestellt. Ähnliches gilt für *Metadiaptomus asiaticus*. Mehrere Arten, bisher nur aus der Sowjet-Union bekannt (*Ilyocypris divisa, Potamocypris almasyi*) erreichen damit eine neue Südgrenze ihrer Verbreitung. Es kann kaum übersehen werden, daß der ostpersische Raum eine wichtige Brücke zwischen turkestanischem und indischem Gebiet bildet, da wesentliche Gebirgsriegel hier fehlen. Noch liegen keine genauen Befunde über die Vogelzüge in diesem (und im übrigen iranischen) Raum vor, doch scheinen nach den Angaben von ANNANDALE außerordentlich große Mengen von Wasservögeln den See während der kalten Jahreszeit — von Norden kommend — aufzusuchen. So berichtet der genannte Autor von riesigen Graugansschwärmen, neben *Anas crecca, A. acuta, Spatula clypeata, Aythya ferina* und *Fulica atra*. Zur Untersuchungszeit also im Mai konnten dagegen lediglich folgende Arten beobachtet werden: *Chettusia leucura, Himantopus himantopus, Recurvirostra avosetta* (bei Lutak), *Charadrius alexandrinus, Larus ridibundus, Sterna hirundo, Chlidonias niger*? (oder *leucopterus*?), *Ardea cinerea, Casmerodius albus, Platalea leucorodia* und *Tadorna tadorna*. Leider ist dieses Gebiet ornithologisch noch sehr wenig untersucht. Trotzdem dürfte es außer Zweifel stehen, daß durch Seistan eine wichtige Vogelzugstraße führt, die weitgehend zu dem deutlich Nord–Süd orientierten Verbreitungsbild vieler Entomostrakenarten beigetragen hat.

Von der Bodenfauna des Sees liegen nur wenige Daten vor. Im detritusarmen Seeteil bei Adimi fand sich neben Nematoden, Oligochaeten (*Limnodrilos hoffmeisteri* CLAP.?) und Chironomiden (*Eucricotopus* u. Orthocladiinen) vor allem *Eozyzicus orientalis*, während im detritusreichen Ufergebiet bei Lab-e Baräng Trichopteren, Chironomusarten (*Chironomus sp., Eucricotopus sp., Pelopia sp.*) und Mollusken (*Planorbis euphraticus* MOUSSON, *Bulimus leachi troscheli* PAASCH, nach ANNANDALE dort auch *Amnicola sistanica* ANNANDALE & PRASCHAD, am Ufer Schalen von *Viviparus variatus* FRAUENFELD, *Lymnaea auricularia* und ebenfalls *Planorbis*) dominierten. Daneben fanden sich im Boden dieses *Scirpus*-Bestandes Schalen von *Ilyocypris divisa* KLIE und von *Candona cf. parallela*. Die genannten Mollusken waren bereits von ANNANDALE festgestellt worden, der für den See außerdem noch *Corbicula fluminalis* (MÜLLER), *Anisus convexiusculus* HUTTON und Schalen von

[1]) *Ph. blanci* wurde erst einmal außerhalb dieses Verbreitungsgebietes bei Amara (Irak) gefunden (GURNEY 1921).

Lamellidens anführt. Als Aufwuchs der *Typha*-Stengel vor allem erwähnt ANNANDALE *Ephydatia fluviatilis*, *Fredericella sultana jordanica* ANNANDALE und *Plumatella bigemmis* ANNANDALE.

Zur Zeit der Untersuchung war der Hilmand besonders fischreich, wie Fischzüge mit dem bei ANNANDALE beschriebenen Gabelnetz zeigten, die in wenigen Minuten bis zu über 100 Exemplare von *Varicorhinus sp.* erbrachten. Nach ANNANDALE ist allerdings der Sommer sonst die günstigste Fangzeit, wobei vor allem *Schizothorax zarudnyi* (NIK.) erbeutet werden soll, wie der Autor jedoch nur vermutet. Diese Art (bis zu 50 cm Länge) ist neben *Discognathus adiscus* ANNANDALE auch der hauptsächliche Fangfisch im See selbst. Von dort sind bisher keine weiteren Arten bekannt geworden.

Zusammenfassend läßt sich für den Hamun-See hervorheben, daß er als weit in den vollariden Wüstenraum vorgeschobener Endsee des Hilmand außerordentliche Veränderungen seines Umfanges und seiner chemischen Eigenschaften erfährt, wobei durch periodische Kommunikation mit dem Gaud-e Zirreh-Becken der Elektrolytgehalt überhaupt weit herunter gesetzt werden kann. Die starke Durchlüftung des nach Norden hin offen stehenden Raumes führt zu ständiger Veränderung des hauptsächlich von Süden nach Norden gegebenen Elektrolytgefälles, so daß die meisten Standorte raschen Wechsel der Salzgehalte zeigen. Dies gilt auch für die Planktonzusammensetzung, die an sich schon in offenen Seeteilen und Schilfwiesen gänzlich verschieden ist. Das Alter des Sees dürfte wenigstens jungpleistozän sein, doch besteht fast sicher keine Kontinuität zwischen den auch ortsmäßig nicht identischen alten und jungen Seegebilden.

4. Die Gewässer des Lut-Beckens (Abb. 4)

Westlich vom Hamun-Becken liegt das gut abgeschirmte und tiefste Binnenbecken Irans, das im Mündungsgebiet des Rud-schur bis auf etwa 250 m abfällt. Der größte Teil dieses gewaltigen Beckenraumes wird vom völlig vegetationslosen Wüstenraum der Lut eingenommen, der noch weniger Niederschläge als das Seistaner Becken empfängt. Infolge der geschützten Lage gehört das Lut-Becken bis in Höhen von über 1000 m dem Gärm-sir zu, wie denn auch Dattelanbaugebiete den ganzen Wüstenraum umrahmen. Die stark saisonale Wasserzufuhr erfolgt in erster Linie durch den Rud-schur im Norden, mehrere Wasserläufe aus dem Kermaner Raum im Westen, durch Rud-e Tahrud und Schurgaz im Süden. In ihrem Oberlauf noch Süßwässer, versalzen fast sämtliche dieser und anderer Zuflüsse, sobald sie die flachen Teile des Beckens erreichen. Nur wenige Kleingewässer, hauptsächlich Wasseransammlungen in tieferen Flußbetten, finden sich rund um den Wüstenraum verstreut und verschwinden mit fortschreitender Jahreszeit. Mehrere dieser Wasserstellen konnten im Verlauf des April und Mai aufgesucht werden und ihre chemischen und faunistischen Daten seien im folgenden kurz mitgeteilt:

Bei Gorg am Ostrand der Lut bildet der Mahe-rud (Fischfluß) solche, dort stark salzige Wasserstellen, an deren Ufern sich kleinere Schilfbestände und Tamarisken befinden. Der Chloridgehalt dieses schwach fließenden Gewässers betrug 16,8 g/l; seine Fauna setzte sich aus folgenden Formen zusammen:

Brachionus plicatilis O. F. M.
Halicyclops spinifer KIEFER
Apocyclops dengizicus (LEPESCHKIN)
Cletocamptus retrogressus SCHMANKEWITSCH
Ochthebius sp. (auch Larven)
Chironomiden
Ephemeriden

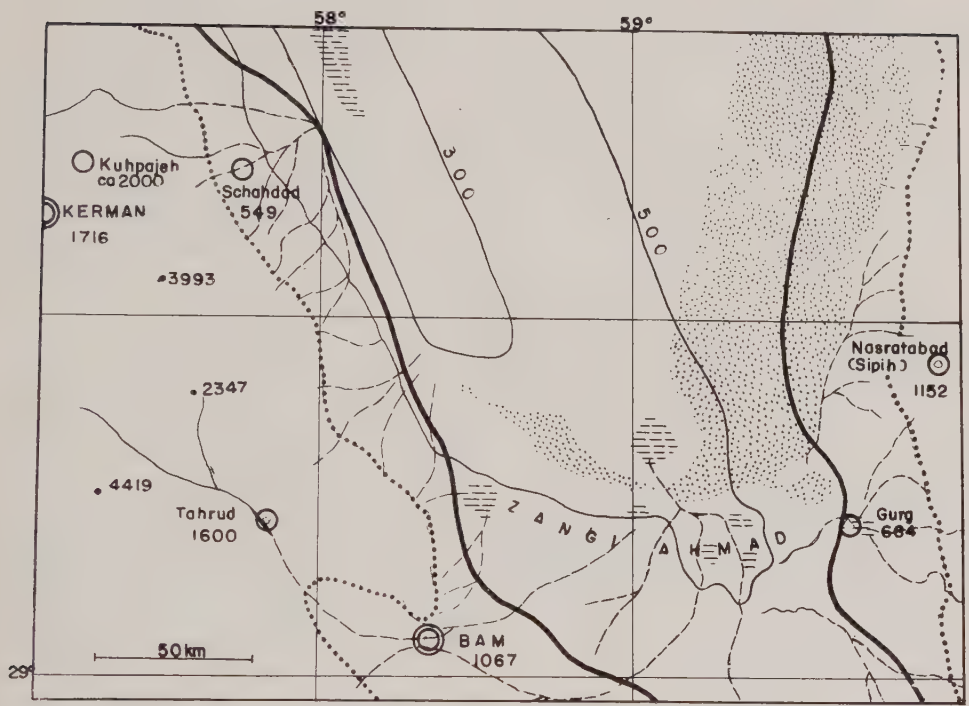


Abb. 4. Untersuchungsstellen im Lut-Gebiet
Dicke, ausgezogene Linie: Grenze des vegetationslosen Wüstengebietes; punktierte Linie: Grenze des Dattelanbaus; punktiert: Sande

Dominierende Formen waren unter dem Plankton einerseits *Brachionus* und *Apocyclops*, unter den Insekten andererseits *Ochthebius* und *Orthocladiinen*. *Apocyclops dengizicus* ist nunmehr in Iran von der Golfküste, vom Niriz-See und dem Lut-Becken bekannt und kommt, wie weiter unten gezeigt wird, auch im Isfahaner Becken vor. Süßwasser scheint die Art zu meiden, ihre obere Toleranzgrenze gegenüber Chloriden ist in Tab. 2 angeführt. Außerdem dürfte dieser *Cyclops* eine polytherme Warmwasserform sein, wie das bisherige Verbreitungsgebiet (Nordafrika, Iran, Indien) erkennen läßt. Winterfunde fehlen bisher. *Halicyclops spinifer* ist ebenfalls aus Iran bereits bekannt (Golfküste), aber noch nie von küstenfernen Standorten gemeldet worden. Dies gilt übrigens fast für die gesamte Gattung, die marines Brackwasser (einschließlich Kaspisee) bevorzugt. Lediglich die Art *sinensis* ist von Süßwasserflüssen Chinas (Küstennähe ?) beschrieben.

In einem fast süßen Hos (Wasserbecken) von Bam, das im Vorraum eines Hauses gelegen, dem Einfluß des direkten Sonnenlichtes fast gänzlich entzogen war, fanden sich folgende Arten (13. 5.):

Filinia longiseta (Ehrb.) (dom.)
Keratella procurva (Thorpe)
Trichocerca stylata (Gosse)
Euchlanis dilatata ? (juv.)
Moina brachiata (Jurine) (dom.)
Daphnia juv.
Mesocyclops leuckarti aequatorialis (Kiefer) (dom.)

Von *Moina brachiata* lagen sowohl Ephippialweibchen als auch zahlreiche Männchen vor. Die juvenilen Daphnien zeigten Helmbildung, wie dies vor allem von *atkinsoni* bekannt ist.

Vom Westrand des Lutbeckens liegen Proben aus dem Bereich von Schah-dad vor, von denen eine dem künstlichen Becken des Landwirtschaftsgarten entstammt und leicht erhöhten Chloridgehalt gesitzt (248 lmg, 27. 4.). Die Arten sind hier:

Ostracoda juv.
Daphnia magna STRAUS
Alona rectangula SARS
Mesocyclops leuckarti aequatorialis KIEFER
Heterocypris incongruens (RAMDOHR)
Cyprinctus salinus (BRADY)
Portamocypris almasyi DADAY (dom.)

P. almasyi DADAY ist von der Ukraine bis Zentralasien bekannt, für Iran aber neu. GURNEY (1921a) hat bei seinen Angaben für Seistan diese Art möglicherweise verkannt: er führt von dort nur *P. villosa* an.

Ein stark verschmutzter Straßentümpel vom selben Ort (27. 4.) war außer von Culiciden (*Theobaldia sp.*) von folgenden Arten bewohnt:

Rotaria neptunia (EHRB.)
Thermocyclops rylovi SMIRNOV
Heterocypris incongruens (RAMDOHR)
Ilyocypris decipiens MASI
Limnocythere sp. (Schale)

Daß es sich dabei um die weitverbreitete Art *Th. rylovi* und nicht *rylovi vermifer* handelt, geht aus den Abmessungen der Furcaläste und der Dorsalborstenlänge hervor. Trotzdem scheint mir die Trennung in die beiden Formen durch LINDBERG nicht ganz gerechtfertigt, da sich immer wieder Übergangsformen finden, so daß hier wahrscheinlich doch nur eine sehr variable Art vorliegen dürfte.

Zwischen Schah-dad und Kerman liegt auf etwa 2000 m Höhe unterhalb von Kuh-pajeh, schon im Bereich des „Sardsir" ein Tümpel, der folgende Arten enthielt (29. 4.):

Moina rectirostris LEYDIG
Alona rectangula SARS
Cypris pubera O. F. M.
Heterocypris incongruens (RAMDOHR)
Iliocypris biplicata KOCH
Nais simplex PIGUET
Chironomus sp.
Microspectra sp.
Plea spec. (juv.)

Außerdem fanden sich nicht bestimmbare juvenile Wasserwanzen. *Cypris pubera* ist hauptsächlich Frühjahrsform und bisher aus den Klimabezirken des „Gärmsir" nicht bekannt.

An Mollusken fanden sich im Gebiet zwischen Schah-dad und Kerman in Gewässern lediglich die weit verbreiteten Arten *Melanopsis doriae* ISSEL und *Melanoides tuberculata* MÜLLER (Bewässerungsgraben westlich und oberhalb Schah-dad).

Auf etwa 1600 m liegt nordwestlich von Bam, schon deutlich oberhalb des „Gärmsirs" ein Teil des dort verbreiterten Flußsystems vom Rud-e Tahrud (beim Ort Tahrud), der, wenigstens in seinem Unterlauf, auch Puscht-rud, genannt wird. Dort fanden sich zur Untersuchungszeit (4. und 29. Mai) noch größere Wasserstellen, die zur ersten Probeentnahme etwas unter 1 g Cl/l enthielten (975 lmg). Das stark anorganisch getrübte Wasser war von folgenden Arten bewohnt:

Moina brachiata (JURINE) (auch Männchen)
Alona rectangula SARS
Eucyclops serrulatus (FISCHER)
Ilyocypris decipiens MASI
Heterocypris incongruens (RAMD.)
Cyprinotus salinus (BRADY)
Chironomiden

Wenige Wochen später lag der Chloridgehalt bei 1915 lmg und der Artenbestand hatte gewisse Veränderungen erfahren:

Moina brachiata (Jurine) (wenig)
Heterocypris incongruens (Ramdohr)
Ilyocypris-Schalen
Hexarthra fennica (Levander)
Culiciden

Merkwürdigerweise fand sich in den späteren salzreicheren Proben *Cyprinotus salinus* nicht mehr, während *Heterocypris* noch immer häufig vertreten war. Allerdings tritt bei mehrzyklischen Ostrakodenformen ja häufig eine plötzliche Ruhepause ein.

Die Crustaceenfauna des Lut-Beckens läßt also in erster Linie für vorübergehende Wasseransammlungen charakteristische Arten aus den Gattungen: (*Moina, Alona, Ilyocypris, Heterocypris* und *Cyprinotus*) erkennen, aber dem Klima dieses Raumes entsprechend auch polytherme Formen, zu denen wenigstens *Apocyclops dengizicus* zu rechen ist und wahrscheinlich gleichermaßen *Halicyclops spinifer* gehört.

Auch die Senken des südlich anschließenden Dschaz-Morianbeckens gehören dem „Gärmsir" an und lassen teilweise eine polytherme Crustaceenfauna erkennen (vgl. Hemsen 1952). Die Ostrakoden eines dieser Kleingewässer im Raum von Sabzawaran (J 39), südlich von Bam, sind hier noch nachzutragen; sie setzen sich durchwegs aus weitverbreiteten Formen zusammen. So enthielt dieser überdachte wenig tiefe Brunnen (eig. Wasserstelle):

Ilyocypris bradyi Sars
Heterocypris incongruens? (Schalen)
Cyprinotus sp.
Cypridopsis vidua (O. F. M.)

Ein Bewässerungsgraben im selben Ort und zur selben Zeit (Ende März 1950) enthielt gleichfalls nur gewöhnliche Arten: *Cyprinotus salinus* und *Herpetocypris reptans*.

Über den im Zentrum des Beckens gelegenen, temporären Hamun-e Dschaz-Morian ist zur Zeit nichts bekannt (Geologie des Beckens: vgl. Harrison 1943).

Im Westen folgt auf das Lut-Becken das Kermaner (Rud-shur-) Becken, über dessen aquatische Fauna derzeit kaum etwas bekannt ist. In gleicher Weise liegt derzeit über das westlich anschließende Esfahan-Sirjan-Becken nur aus dem nördlichen Teil (Gav-khaneh und Umgebung) Material vor, das weiter unten besprochen werden soll. Die weiterhin gegen den persischen Golf zu folgenden Becken sind teilweise schon früher behandelt worden (Löffler 1956, 1959b), doch wird vor allem über den Maharlusee noch ergänzendes Beobachtungsmaterial erforderlich sein, da derzeit nur Daten vom hochsommerlichen Zustand mit einer verarmten Fauna vorliegen (u. a. *Notonecta viridis mediterrana* Hutch.).

5. Der Famur-See bei Kazerun (Abb. 5)

Das Gebiet um den Famur-See (Parishan) trägt deutliche Merkmale einer Karstlandschaft: so erhält der See seine hauptsächliche Wasserzufuhr aus teilweise unterirdischen Quellen, die in größerer Zahl der vielfach steil in den See abfallenden Bergflanke entlang dem Nordostufer entspringen. Periodische Zuflüsse dürften im Südostteil des Sees münden, der im Winter weite flache Gebiete im Westen zu über-

schwemmen scheint. Beim Standort Kunar-e Zard (29., 30. 6.) waren teilweise breite Gürtel von *Phragmites* und *Scirpus* vorhanden, die auch hier, ähnlich wie am Hamun-See, Material für Boote („Schuh") liefern (hauptsächlich aus Schilf gefertigt).

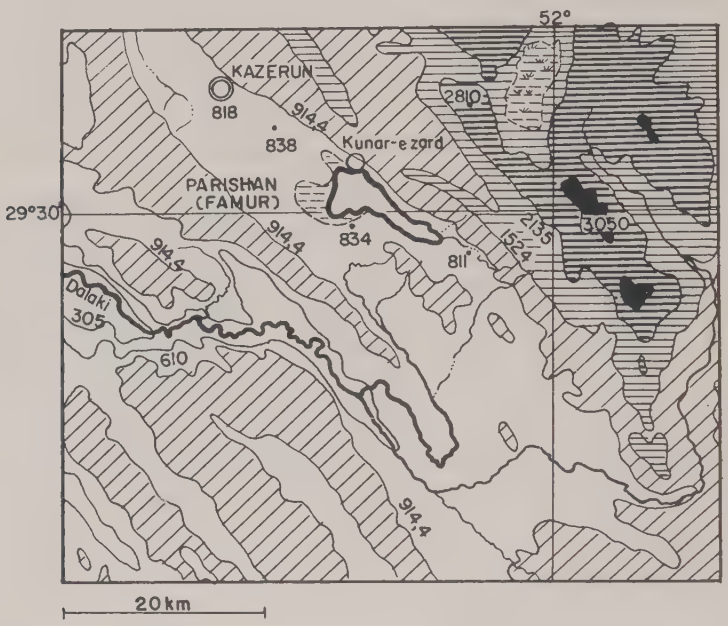


Abb. 5. Gebiet des Famur-Sees bei Kazerun

Die morphometrischen Daten lauten folgendermaßen:

Einzugsgebiet	290 km²
Seehöhe	820 m
max. Seefläche	44 km²
max. Länge	15 km
max. Tiefe (bei Kunar-e Zard)	3 m

Mit einer Lage unter 1000 m gehört das ganze Gebiet zum „Gärmsir", wie denn auch um Kazarun größere Dattelanpflanzungen bestehen. Zur Zeit der Untersuchung hatte der See noch um 18^h eine Oberflächentemperatur von 29,7 °C, eine Schichtung des maximal 3 m tiefen Sees war nirgends gegeben. Bei einem Forel-Ule-Wert von 11 bis 12 war die Sichttiefe infolge auch einer Algenblüte (*Oocystis* und *Aphanothece*) stark herabgesetzt und betrug kaum über einen Meter. Eine submerse Vegetation war nur mancherorts entwickelt und bestand aus *Najas marina*.

In chemischer Hinsicht zeichnet sich der See vor allem durch relativ hohe Gehalte an Chlorid und Sulfat aus, doch ist die Anreicherung dieser Sulfate wie auch das hohe SBV aus der Lage in einem Karstgebiet verständlich. Nicht unwahrscheinlich ist es, daß der See zeitweise einen Abfluß gegen das Dalaki-Einzugsgebiet gewinnt, da sonst der niedrige Salzgehalt für einen Endsee unverständlich wäre. Folgende Analysenwerte wurden gefunden:

	lmg	mval		lmg	mval		
$Ca^{\cdot\cdot}$	54	2,7	SBV		6,40	pH	8,27
$Mg^{\cdot\cdot}$	223	18,3	SO_4^{--}	834	17,4	L	3650
$Na^{\cdot}$	597	26,0	Cl^{-}	840	23,7	SiO_2	40 lmg
$K^{\cdot}$	23	0,6					

Im Plankton des Sees überwiegen Blaualgen und halophile Zooplankter, wie *Diaptomus salinus* und *Brachionus plicatilis*:

Cyanophyta
- *Aphanocapsa Grevillei* (Hassall) (Rabenhorst
- ***Aphanothece castagnei*** *Kuhlmannii* Hieron m
- *Chroococcus limneticus* v. *dispersus*
- *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli
- *Johannisbaptistia Gardneri* Fremy h[1])
- *Lyngbya Lagerheimii* (Moebius) Gomont
- ***Lyngbya rivularium, um*** Gom. (in *Aphanothece*)
- *Merismopedia* sp.
- *Oscillatoria cf. Iwanoffia*
- *Oscillatoria Redekei* van Goor
- *Pseudanabaena catenata* Lauterborn
- *Phormidium mucicola* Hub.-Pest et Naumann (auf *Aphanothece*)
- *Scytonema* sp.
- *Spirulina labyrinthiformis* Gom.
- *Spirulina subtilissima* Kützing

Pyrrophyta
- *Peridinium* sp.

Chrysophyta
- Bacilliarophyceae
- *Campylodiscus clypeus* Ehr. h
- *Navicula oblonga* Kütz.

Chlorophyta
- Protococcales
- *Botryococcus Braunii* Kütz.
- ***Botryococcus protuberans*** W. et G. S. West sh
- ***Oocystis gigas ARCH. var. incrassata*** West & West m

Conjugales
- *Mougeotia* sp.

Ulotrichales
- *Oedogonium* sp.

Rotatoriea
- *Brachionus angularis* Gosse
- ***Brachionus plicatilis*** O. F. M.
- *Filinia longiseta* (Ehrb.)
- *Hexarthra fennica v. oxyure* (Sernov)
- *Lecane luna* (O. F. M.)
- *Lecane thalera* Harring & Myers

Crustacea
- *Ceriodaphnia cornuta* Sars h
- *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) h
- *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin)
- *Oxyurella tenuicauda* (Sars) (Reste)
- *Pleuroxus trigonellus* (O. F. M.)
- ***Diaptomus salinus*** Daday (Copepodite und Nauplien dom.)
- *Mesocyclops* juv.
- Ostracoda-Schalen (juv.)

Hemiptera
- *Sigara selecta* Fieb. (Ufernähe)

Das Bodenmaterial des Sees war in der Nähe des Standlagers sandig, mit Detritus angereichert und von folgenden Organismen besiedelt:

Chrysophyta
- Bacilliarophyceae

Crustacea
- *Leydigia acanthocercoides* (Fischer)
- *Macrothrix spinosa* King
- Ephippien v. *Daphnia* (*magna*-Gruppe)
- *Eucyclops serrulatus* (Fischer)
- *Paracyclops fimbriatus* (Fischer)
- *Ilyocypris biplicata* Koch
- Schalen von: *Ilyocypris*
  - *Cyprinotus salinus* (Brady)
  - *Cypridopsis aculeata* (Costa)
  - *Cyprideis litoralis* (Brady)
  - *Limnocythere cf. inopinata*

Molluska
- Schalen von: *Hydrobia acuta* Drap.
  - *Lymnaea*
  - *Planorbis euphraticus* Mousson

[1]) d = dominant; m = massenhaft; sh = sehr häufig; h = häufig

Chironomiden
Ceratopogonidea (Heleidea) vermiformes
Chironomariae genuinae
Pelopia sp.
Procladius sp.
Tanytarsariae genuinae sp.

Von den im See reichlich vorhandenen Fischen konnten nur juvenile Exemplare erbeutet werden. Sie waren besonders zahlreich im Mündungsbereich einer an dieser Stelle mit *Typha* reichlich verwachsenen, umfangreichen Quelle, doch soll Fischerei angeblich dort nur während des Winters betrieben werden. Von den zahlreichen Vogelarten des Sees und des westlich anschließenden Geländes seien nur genannt: *Podiceps cristatus*, *Podiceps korjewi* ?, *Pelicanus crispus*, *Ardea purpurea*, *Ardeola ibis*, *Nycticorax nycticorax*, *Ixotrychus minutus*, *Platalea leucorodia*, *Plegadis falcinellus*, *Gallinula chloropus*, *Fulica atra*, *Hoplopterus spinosus*, *Recurvirostra avosetta*, *Larus ridibundus* ?, *Ceryle rudis* und *Halcyon smyrnensis*.

Der Famur-See gehört mit seinem Salzgehalt zu den niedrigst konzentrierten Endseen Irans: trotzdem ist eine ausgesprochen halophile Fauna vorwiegend und seiner Lage im „Gärmsir" gemäß treten auch polytherme Formen, wie *Ceriodaphnia cornuta* auf. Für das Alter des Sees liegen derzeit keine Anhaltspunkte vor.

Ziemlich genau westlich von Kazarun, liegt dort wo die Straße am Schahpur-rud entlangzieht ein größerer, mit *Juncus* bewachsener Tümpel etwa 1 m oberhalb des Flusses (Seehöhe 600 m ?). Bei einem Chloridgehalt von 1,4 g/l und starker Sulfatfällung waren hier neben *Clemmys caspica* vertreten (27. 6.):

Rotatoria
Brachionus quadridentatus ancylognathus SCHMARDA
Brachionus urceolaris O. F. M.
Hexarthra fennica (LEVANDER)
Hexarthra fennica oxyuris (SERNOV)
Lecane stenroosi (MEISSNER)
Polyarthra vulgaris CARLIN
Trichocerca rattus (O. F. M.)
Trichocerca dixon-nuttali (JENNINGS)
Bdelloide
Crustacea
Macrothix spinosa KOCH
Thermocyclops rylovi vermifer LINDBERG
Ostracoda juv.

In einem mit Erdöl (Naft-Quellen) stark verschmutzten, salzigen Bach südwestlich Dalaki und damit bereits in der Küstenebene fanden sich nur riesige Mengen von Diatomeen (27. 6., Chloridgehalt 3,9 g/l):

Ca:	533 lmg	L:	11 230
Mg:	223 lmg	SiO_2:	11 lmg
SBV:	3,0		

6. Gewässer des Esfahan-Sirjan-Beckens (Abb. 6)

Das über 700 km lange, ziemlich genau NW–SO ausgerichtete Becken zwischen Sirjan und Esfahan fällt gegen NW zu ab, wo es schließlich mit der Pfanne des Gav-khaneh, dem Endsee des Sajendeh-rud, seine tiefste Stelle bei etwa 1100 m erreicht und somit auch hier noch über der Gärmsir-Stufe liegt. Durch mehrere Schwellen unterteilt, sind die einzelnen Beckenteile jeweils unabhängige Einzugsgebiete, deren tiefste Punkte von kurzfristig während des Winters überschwemmten Salztonflächen eingenommen werden (Kawire). Nur in der nördlichsten Senke wird durch den Sajendeh-rud ein beständiger Salzsee geschaffen (Gav-khaneh).

Bei Yazd-e Khast wurde zunächst eine Quelle im obersten Einzugsgebiet des Gav-khaneh untersucht, die als süß bezeichnet werden kann und am Rande des oben

genannten Ortes gelegen, sich auf etwa 2000 m Seehöhe befindet. Folgende Arten wurden hier festgestellt (12. 7.):

Lecane quadridentata (Ehrb.)
Bdelloide
Eucyclops serrulatus (Fischer)
Herpetocypris juv. (wahrscheinlich *reptans*)
Rivolugammarus lacustris Sars
Gammarus n. sp.
Asellus sp.
Planorbis sp.
Paranais botniensis Sperber
Nais elinguis O. F. Müller

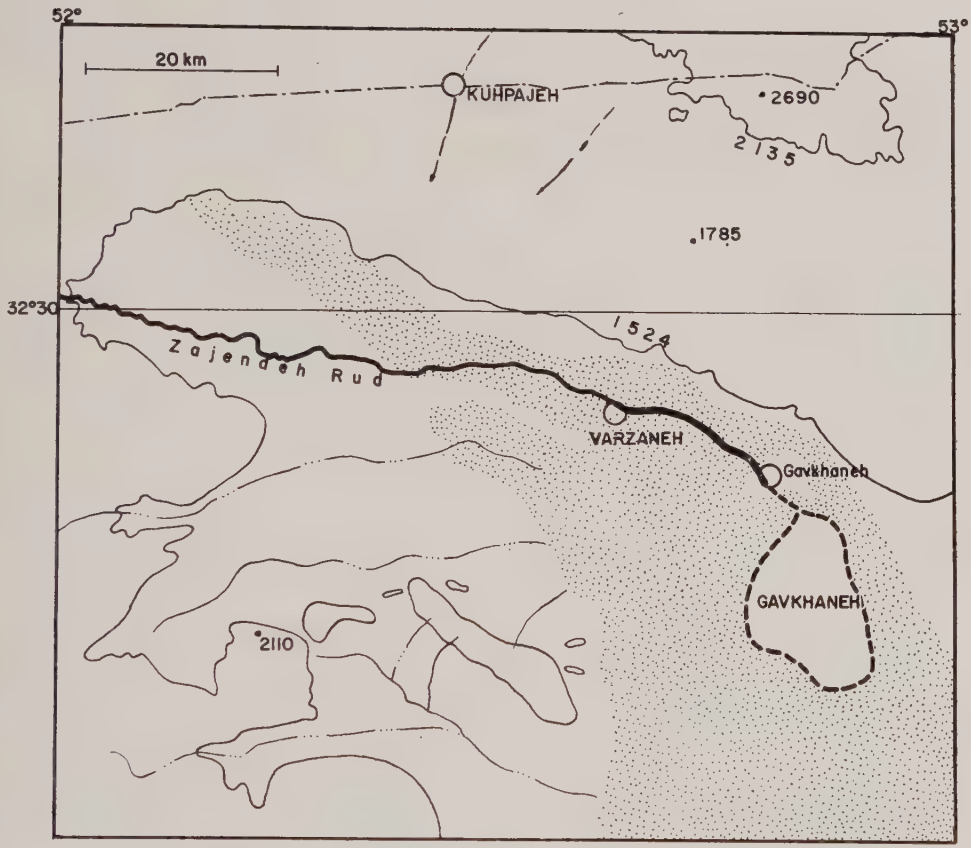


Abb. 6. Gavkhaneh und Kuhpajeh, östlich von Isfahan; punktiert: Sande.

Vom Quellgebiet des Karun (Ab-e Kuhräng), dessen Quellfluß bei Kuhräng nunmehr in den etwa 400 km langen Sajendeh-rud übergeleitet wird, konnte bereits berichtet werden (Löffler 1959). Der dort angelegte Stausee und ein Ufertümpel (Temperaturen bis 7 °C im ersteren) enthielten vor allem folgende Formen (21. 7.):

Macrothrix hirsuticornis Norman & Brady (irrtümlich wurde *laticornis* angegeben!)
Alona rectangula Sars
Chydorus sphaericus (O. F. M.)
Eucyclops serrulatus speratus (Lillj.)
Paracyclops fimbriatus (Fischer)
Bryocamptus minutus (Claus)
Bryocamptus zschokkei var. *orientalis* Chappuis
Stenocypria fischeri (Lillj.)
Eucypris lutaria (Koch)
Cyclocypris ovum G. W. Müller

Eurytherme, vor allem aber kalt stenotherme Formen sind in diesen bei 2800 m hoch liegenden Gewässern deutlich vertreten: *Bryocamptus zschokkei orientalis* gehört im Stausee zu den dominierenden Formen und wurde erst kürzlich neben der Form *tatrensis* aus Afghanistan beschrieben.

35 km weiter östlich liefert ein süßer Seitenarm des Sajendeh-rud (etwa 2200 m Seehöhe) bereits einen vielfach polythermen Formenschatz:

Cyanophyta
- *Chroococcus turgidus* (KÜTZING) NÄGELI
- *Gomphosphaeria lacustris* CHODAT
- *Lyngbya* sp.
- *Merismopedia glauca* (EHRENBERG) NÄGELI
- *Merismopedia punctata* MEYEN
- *Pseudanabaena catenata* LAUTERBORN
- *Spirulina major* KÜTZING

Chrysophyta
- Bacilliarophyceae
- *Achnanthes* sp.
- *Caloneis silicula* (EHR.) CLEVE
- *Cymatopleura solea* (BREB.) W. SMITH
- *Gomphonema acuminatum* EHR.
- *Gyrosigma acuminatum* (KÜTZ.) RABH.
- *Navicula* sp.
- *Nitzschia* sp.

Chlorophyta
- Chlorococcales
- *Coelastrum proboscideum* BOHLIN
- *Pediastrum Boryanum* (Turp.) MENEGH.
- *Pediastrum Boryanum v. brevicorne* A. BR.
- *Scenedesmus cf. acutiformis*
- *Scenedesmus quadricauda* EHR.
- Oedogoniales
- *Bulbochaete cf. pygmaea* (steril)
- *Oedogonium cf. pusillum* (*inconspicum*?), Oogonien unreif
- Ulotrichales
- *cf. Coelochaete*
- *Mougeotia* sp.
- Conjugales
- *Cosmarium didymoprotupsum* W. et G. WEST
- *Cosmarium granatum v. subgranatum* NORDST.
- *Cosmarium repandum* NORDST.
- *Cosmarium septemtrionale* WILLE
- *Staurastrum striolatum* (BOLDT) SCHIDLE
- *Spirogyra* sp.

Rotatoria
- *Colurella adriatica* EHRB.
- *Euchlanis dilatata* EHRB.
- *Lecane bulla* (GOSSE)
- *Lecane luna* (O. F. M.)
- *Lecane lunaris* (EHRB.)
- *Lecane quadridentata* (EHRB.)
- *Mytilina ventralis brevispina* EHRB.
- *Scaridium longicaudum* (O. F. M.)
- *Trichocerca cavia*? GOSSE

Crustacea
- *Ceriodaphnia reticulata* (JURINE)
- *Alona rectangula* SARS
- *Eucyclops serrulatus* (FISCHER)
- *Tropocyclops prasinus* (FISCHER)
- *Megacyclops viridis* (JURINE)
- ***Microcyclops bicolor*** SARS
- *Potamobius potamios*?

Hydrachnellae
- *Arrenurus* sp.

Insecta
- *Notonecta* sp.
- *Eucricotopus* sp.

Unterhalb von Isfahan nimmt die Konzentration aller Wässer rasch zu: so hatte der Sajendeh-rud bei Warzaneh (16. 7.) bereits einen Chloridgehalt von etwa 750 lmg (u. a. *Potamobius potamios*?, *Clemmys caspica*) und ein Bewässerungskanal im knapp unterhalb liegenden Gebiet von Schahkenar hatte schon eine hauptsächlich halophile, teilweise halobionte Fauna:

- *Apocyclops dengizicus* (LEPESCHKIN)
- *Diacyclops bisetosus* REHB.
- *Nannopus palustris* BRADY
- *Nitocra lacustris* (SCHMANKEWITSCH)
- *Cletocamptus gabrieli* n. sp.
- *Ilyocypris biplicata* KOCH
- ***Cyprinotus salinus*** BRADY)
- *Cyprideis litoralis* (BRADY)
- *Limnocythere inopinata* BAIRD?
- *Chironomus* sp.
- Orthocladiinae sp.
- *Chloeon* sp.

Apocyclops dengizicus war bisher nur von wintermilden Gebieten (in Iran „Gärmsir") bekannt, so daß dies der erste Fund aus dem Klimagebiet knapp oberhalb dieser frostfreien Zone ist. *Nannopus palustris* wird für Iran bereits von HEMSEN (1952) angegeben. Bei ca. 1700 m Seehöhe dürften die kleinen Wasseransammlungen westlich von Sirkh (westl. Kuh-pajeh, 18. 4.) liegen, die ebenfalls zum engeren Einzugsgebiet des Gav-khaneh gehören und einen Chloridgehalt von 2,58 g/l hatten. Auch hier fanden sich hauptsächlich halophile Arten:

Bacilliarophyceae
Rotatoria
Brachionus plicatilis O. F. M.
Colurella adriatica EHRENBERG ?
Lepatella patella (O. F. M.)
Notholca squamula (O. F. M.)
Testudinella patina (HERMANN)

Crustacea
Alona rectangula SARS
Cyclops bisetosus REHB.
Cletocamptus retrogressus SCHMANKEWITSCH
Heterocypris barbara (GAUTHIER)
Limnocythere juv. (*inopinata*?)

Vom Gavkhaneh selbst, der zur Untersuchungszeit von breiten Salzufern (bis zu 8 km, 18. 7.) umgeben war, liegen nur Angaben vor, daß zu Zeiten stärkerer Aussüßung *Artemia salina* auftritt. Doch hatte das Wasser bei der sommerlichen Probeentnahme eine Salinität von 315‰, der infolge des hohen Magnesiumgehaltes derzeit überhaupt höchste Salzgehalt eines Gewässers in Iran. Die Analyse ergab folgende Werte[1]):

	lg	mval		lg	mval		
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,5	25	SBV		3,50	L	178 000
$Mg^{\cdot\cdot}$	14,6	1201	Cl^{--}	149,0	5420	pH	7,03
$Na^{\cdot}$	99,17	4314	SO_4^{--}	7,5	157	SiO_2	34 lmg
$K^{\cdot}$	1,57	40					

Über Größe, Entstehung und Alter des Sees liegen keine Daten vor, erstere kann nur grob geschätzt werden und ist außerordentlichen Schwankungen unterworfen. Auch kann derzeit nicht entschieden werden, ob die Salze des Sees durchwegs eingeschwemmt wurden oder ob nicht Salzstöcke in der Umgebung bestehen.

Nordwestlich vom Esfahan-Sirjan-Becken liegt bei Araq ein weiteres kleines Binnenbecken, dessen tiefster Teil vom Tuzlu-göl (Salzsee) eingenommen wird. Zur Sommerszeit trocknet dieses Gewässer völlig aus. Aus seinen randlich gelegenen Wasseransammlungen im Süden wurde am 9. 4. eine Probe mit einem Chloridgehalt von nur 120 lmg entnommen, die einen Erstfund von *Branchinecta orientalis* für Iran erbrachte:

Branchinecta orientalis DADAY
Daphnia atkinsoni BAIRD
Metacyclops minutus CLAUS
Ilyocypris decipiens MAST
Herpetocypris reptans (BAIRD)

Mit dieser Entomostrakenfauna erinnern die stark getrübten Randlacken des Tuzlu-göl an die ähnlich beschaffenen Gewässer des Seewinkels (Burgenland), doch ist dort statt *B. orientalis* *B. ferox* in den schwach salzigen Gewässern Leitform des

[1]) Eine Analyse vom Gavkhaneh mit nur 1,9 lg $Mg^{\cdot\cdot}$, aber 153,4 lg Cl^{-} und 97 lg $Na^{\cdot}$ (Zeit ?) liefert HALBFASS (1923). Der selbe Autor gibt auch eine Analyse von einem Salzsee bei Schiraz (Maharlu ?).

ersten Halbjahres. Es ist dies zugleich der südlichste Fund von *B. orientalis*, die sonst u. a. aus dem benachbarten Kaukasien (Kaspigebiet) und Turkmenistan bekannt ist (KERTESZ 1955).

7. Der Zeribar-See in Kurdistan (Merivan) (Abb. 7)

Mit einer Seehöhe von etwa 1435 m liegt der Zeribar-See am äußeren Rand der Zagrosketten, innerhalb der Flyschzone und deutlich oberhalb „der Gärmsir"-Stufe. Obwohl dem oberen Einzugsgebiet des Sirwan zugehörend, der bei Bagdad

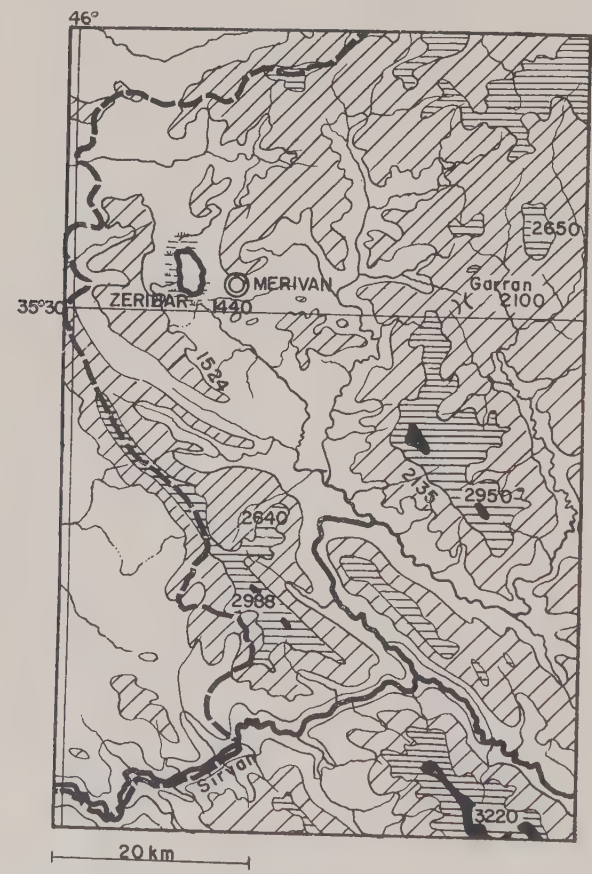


Abb. 7. Der Zeribar-See und seine Umgebung-; dicke unterbrochene Linie: Landesgrenze Iran–Irak

in den Tigris mündet, ist der See doch, während des Sommers wenigstens, abflußlos, hat aber durch den periodischen Anschluß an den Sirwan außerordentlich niedrigen Elektrolytgehalt, womit er eigentlich den einzigen Süßwassersee Irans unterhalb der Hochgebirgsstufe repräsentiert.

Seine morphologischen Ausmaße scheinen außerordentlichen Schwankungen zu unterliegen, da das flache Land im Westen und Süden des Sees jedenfalls während des Winters überschwemmt werden dürfte (alle Daten vom 5. 9.):

Seehöhe: 1435 m
Einzugsgebiet: 290 km²
Seedfläche: 8 km²
größte Länge: 5 km
max. Tiefe: 4,2 m

Als epilimnischer See mit hauptsächlich flachen Ufern — nur im Osten treten die dort mit Eichenhainen bewaldeten Berge näher an den See heran — ist auch seine höhere Vegetation stark entfaltet: *Phragmites, Scirpus* und *Typha* formen einen vor allem im Westen breit entwickelten Saum, während vor allem *Myriophyllum* den submersen Pflanzenbestand bildet. Infolge der geschützten Lage und relativ geringen Seehöhe kommt es dort nur während strenger Winter zur Ausbildung einer Eisdecke, die dann 40 bis 50 Tage bestehen kann. Während der Untersuchungszeit hatte der See eine Oberflächentemperatur von 23,5 °C (10^h), seine Sichttiefe — offensichtlich durch eine starke Entwicklung von *Microcystis* und *Botryococcus* herabgesetzt — betrug 3 m, der Forel-Ule-Wert lag dementsprechend hoch bei 10 bis 11.

Die Wasseranalyse lieferte folgende Werte:

	lmg	mval		lmg	mval		
$Ca^{\cdot\cdot}$	21,5	1,07	SO_4^{--}	1,4	0,03	L	820
$Mg^{\cdot\cdot}$	6,0	0,5	Cl^-	3,4	0,09	pH	8,43
$Na^{\cdot}$	14	0,61	SBV		2,06	SiO_2	7,0
$K^{\cdot}$	Spuren						

In der obersten Wasserschicht fanden sich neben den Phytoplanktern relativ wenige Arten, die vergleichsweise geringe Volksdichten hatten:

Ceriodaphnia reticulata (Jurine)
Scapholeberis mucronata (O. F. M.)
Bosmina longirostris (O. F. M.)
Thermocyclops dybowskii (Lande)
Eucyclops serrulatus (Fischer)
Cypria lacustris Sars
Candona neglecta juv.
Conochilis unicornis Rousselet
Puppenhäute: *Procladius sagittalis*-Gr.
Chaoborus sp.

Dagegen lieferte ein Vertikalprofil folgenden Formenschatz:

Cyanophyta
Aphanocapsa pulchra (Kützing) Rabenhorst sh
Aphanothece castagnei f. Kuhlmannii sh
Chroococcus limneticus var. *dispersus*
Gloeotrichia sp.
Microcystis flosaquae (Wittrock) Kirchner
Phormidium mucicola Hub. Pest. et Naumann

Pyrrophyta
Ceratium hirundinella Schrank

Chlorophyta
Protococcales
Botryococcus protuberans W et G. S. West
Chlorococcales
Coelastrum cfr. reticulatum
Conjugales
Staurastrum Bullardii G. M. Smith

Chrysophyta
Navicula sp.

Rotatoria
Asplanchna priodonta henrietta Langhans
Asplanchna brightwelli Gosse ?
Collotheca sp.
Conochilus unicornis Rousselet
Keratella quadrata (O. F. M.)
Hexarthra intermedia Wisniewski
Hexarthra mira (Hudson)
Polyarthra vulgaris Carlin
Synchaeta pectinata Ehrb.
Trichocerca cfr. pusilla

Crustacea
Diaphanosoma brachyurum (Lievin) sh
Ceriodaphnia reticulata (Jurine) sh
Bosmina longirostris (O. F. M.)
Exuvien: *Leydigia acanthocercoides* (Fischer)
Alona affinis Leydig
Macrothrix sp.
Sinodiaptomus sarsi (Rylov)
Eucyclops serrulatus (Fischer)
Cyclops strenuus s. lat. juv.
Thermocyclops dybowskii (Lande)
Schale v. *Limnocythere* sp.

Der Seegrund, soweit nicht mit *Myriophyllum*- und *Najas*-Beständen bedeckt, bestand aus mächtigen Lagen pflanzlichen Detritus, der gut in Partikel aufgearbeitet war, was auf eine fallweise reiche Bodenfauna schließen läßt. Zur Untersuchungszeit dominierten die Ostrakoden:

Macrothrix spinosa KING
Exuvien: *Alona affinis* LEYDIG
Leydigia acanthocercoides (FISCHER)
Ephippien: *Moina* sp.
Paracyclops juv.
Cyclops juv.
Candona neglecta SARS juv. u. Schalen
Cypria lacustris SARS (auch Männchen)
Darwinula stevensoni (BRADY & ROBERTSON)
Schalen: *Cypridopsis vidua*?
Limnocythere
Procladius sp.
Procladius sagittalis-Gr.
Hydrachnellae:
Arrenurus sp.
Tiphys sp.
Limnesia undulata (O. F. M.)
Oligochaeta (*Nais elinguis* O. F. MÜLLER)
In Ufernähe fanden sich zusätzlich noch die Arten:
Alona rectangula SARS
Cypridopsis vidua (O. F. M.)
Odonatenlarven

Wohl zu den bemerkenswertesten Tierarten des Sees gehört aber eine Fischart aus der Familie der Mastacembeliden, die bisher aus Iran nicht bekannt waren. *Mastacembelus haleppensis* BL. & SCHN. (= *M. simak* (WALB.)) ist im See außerordentlich häufig und dürfte aus dem Tigris-System in den See eingewandert sein. Die Stachelaale werden von den Einheimischen mar-e mahi (Schlangenfisch) bezeichnet, doch spielen sie als Speisefisch keine Rolle. *Podiceps cristatus* und *Fulica atra* waren häufige Wasservögel, *Ardea cinerea* und *Ardeola ibis*? konnten während des Aufenthaltes gleichfalls beobachtet werden.

Zahlreiche Quellen und Tümpel befinden sich am Ostufer des Sees, der ähnlich wie der Famur hauptsächlich durch unterirdische Wasserzuführung versorgt werden dürfte. Erstere waren vor allem mit *Asellus sp.* und *Bulimus sp.* besiedelt, ein Tümpel wies einen vom See in der Copepodenfauna abweichenden Formenschatz auf:

Rotatoria
Colurella adriatica EHRB.
Cephalodella sp.
Dicranophorus caudatus (EHRB.)
Euchlanis parva ROUSSELET
Lecane bulla (GOSSE) h
Lecane closterocerca (SCHMARDA) h
Lecane ludwigi ECKSTEIN h
Lecane luna (O. F. M.) h
Lecane lunaris (EHRB.) h
Lecane quadridentata (EHRB.) h
Lecane sympoda HAUER
Lecane tenuiseta HARRING
Lepadella heterostyla (MURRAY)
Lepadella patella (O. F. M.) h
Lepadella triptera EHRB.
Lophocharis salpina (EHRB.) h
Mytilina mucronata (O. F. M.)
Mytilina ventralis brevispina EHRB.
Mytilina ventralis macracantha (GOSSE)
Platyas quadricornis (EHRB.) h
Squatinella rostrum (SCHMARDA)
Testudinella patina (HERMANN) h
Trichocerca cfr. *longiseta*
Trichocerca cfr. *rattus*
Trichocerca weberi (JENNINGS)
Trichotria tetractis (EHRB.)
Bdelloide
Gastrotricha
Gastropoda
Bulimus sp.
Crustacea
Alonella excisa (FISCHER)
Macrocyclops albidus (JURINE)
Eucyclops serrulatus (FISCHER)
Ectocyclops phaleratus (KOCH)
Diacyclops languidoides LILLJ.
Microcyclops bicolor SARS
Cyclocypris ovum G. W. MÜLLER
Cypria lacustris SARS
Schale: *Darwinula*
Asellus sp.
Gammarus lacustris erevanicus BEHNING & POPOVA

Collembola
Podura aquatica L.
Sminthurides aquaticus (Bourl.)
Hemiptera
Plea leachi M. G. R.
Sigara linnei Fieb.
Diptera
Corynoneurinae (*Corynoneura* ?)
Culicidae
Coleoptera

Der Zeribar-See dürfte zunehmend verlanden: die gleichmäßig geringe Tiefe dieses fallweise normalen Fluß-Sees zeigt, daß dieser Prozeß weit fortgeschritten ist. Wenn nicht eine jüngere Hebung für die Bildung des Beckens verantwortlich ist, muß für den See ein Alter angenommen werden, das wenigstens bis zum jüngeren Pleistozän zurückreicht. Endemische Formen fehlen dem Gewässer allerdings: Pollenanalysen des wahrscheinlich wenig gestörten Sediments könnten hier guten Erfolg haben.[1])

Die Fauna ist durch vielfach wärmeliebende Formen ausgezeichnet (*Sinodiaptomus* ?, *Thermocyclops*, *Diaphanosoma*), doch war zur Untersuchungszeit bereits *Cyclops strenuus s. lat.* vorhanden, der dort wahrscheinlich während des Win ers dominiert. *M. haleppensis* läßt die Beziehung zum Tigris-System erkennen.

20 km östlich von Merivan und wenig unterhalb des Garran-Passes (6. 9.) auf etwa 2100 m Seehöhe wurde noch ein Kleingewässer untersucht, das aber außer *Pleuroxus aduncus*, *Cyclops serrulatus* nur juvenile Individuen eines *Paracyclops*, von *Ilyocypris* und *Cyprinen* enthielt.

Auf der Ostseite der großen Wasserscheide und bereits im Einzugsgebiet der Kaspisee liegt ein Tümpel im Schotterbett des oberen Kizil Uzun, der in den Säfid-rud mündet. Das etwa 1800 m hoch gelegene süße Kleingewässer enthielt nur wenige Entomostraken (7. 9.):

Rotatoria
Lecane bulla (Gosse)
Lecane furcata (Murray)
Lecane hamata (Stokes)
Lecane luna (O. F. M.)
Lecane cfr. obtusa
Lecane quadridentata (Ehrb.)
Lepadella patella ?
Mytilina ventralis brevispina Ehrb.
Testudinella patina (Hermann)
Bdelloide
Bacilliarophyceae
Crustacea
Macrocyclops albidus (Jurine)
Eucyclops serrulatus speratus (Lillj.)
Cypridopsis spec. juv.
Hemiptera
Plea spec. juv.
Diptera
Orthocladiinae sp.
Ceratopogonidae (Heleidae) vermiformes sp.
Hydrachnellae
Limnesia sp.

[1]) Während der Drucklegung dieser Arbeit nahm Prof. Wright (Minnesota) 1960 Sedimentprofile im Zeribar, die randlich entnommen, bis 17 m Tiefe erbohrt werden konnten. Oberste und Schicht in etwa 3 m Tiefe zeigen Torf, die untere Hälfte des Profils läßt starke Ablagerung von CaCO erkennen, während solche in der oberen Hälfte praktisch fehlen. Ein starker Abfall von Kalium ist gegen die oberen Meter zu festzustellen. Bemerkenswert ist ferner die Verteilung des Pollens, der den Beginn einer Waldperiode für die Zeit vor etwa 5000 Jahren erkennen läßt. Vorher muß das Gebiet praktisch baumlos gewesen sein. (Schriftl. Mitt. Prof. G. E. Hutchinson, Yale Univ.) Kalkablagerungen und später Waldbeginn können wahrscheinlich durch die postpleistozäne Trockenperiode Erklärung finden, zu welcher Zeit der See vermutlich abflußlos war. Die tiefere Torflage, die vielleicht ein altes Seeufer markiert, sowie die Kaliumabnahme sind vorläufig nicht ohne weiteres zu erklären. Möglicherweise ist letztere mit einer in früherer Zeit bei niedrigem Wasserstand betriebenen Seeweide in Verbindung zu bringen, wie sie vom Hamunsee und Pulvarsee bekannt ist.

8. Die Gewässer des Rezaiyeh-Beckens (Abb. 8)

Nordwestlich vom großen abflußlosen iranischen Hochlandsraum liegt, von diesem durch das System des Kizil-Uzun geschieden, das etwa 43000 km² (nach GÜNTHER 1900 weniger als 40000, nach PLATTNER 1955a 52000 km²) große Rezaiyeh-Becken, dessen tiefster Teil vom 5000 bis 6000 km² messenden Rezaiyeh-(Urmia-)See eingenommen wird. Über die Entstehung dieses größten iranischen Sees konnte noch keinerlei Sicherheit gewonnen werden. GÜNTHER (op. cit.) und RODLER (1887)

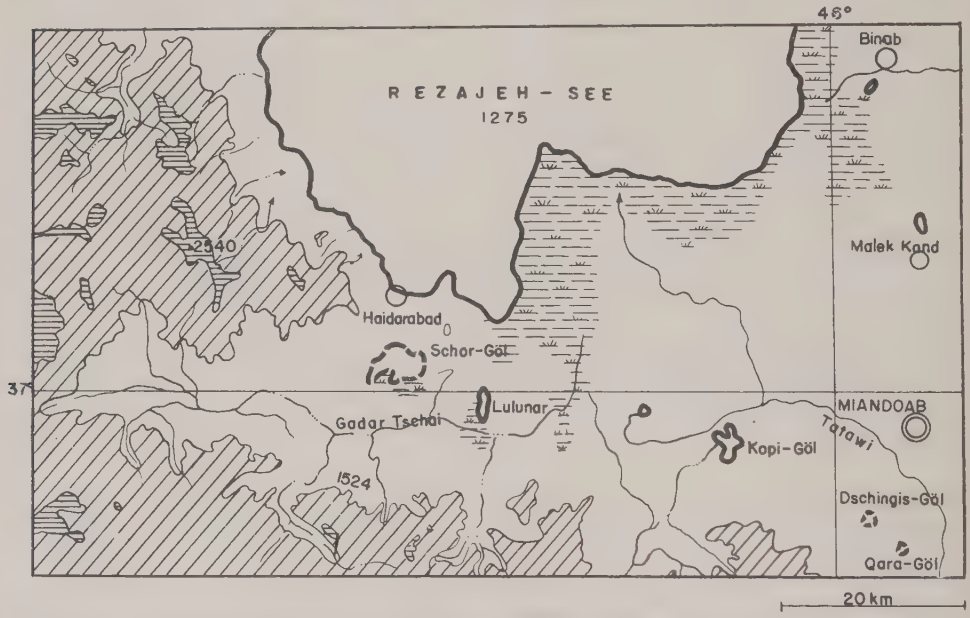


Abb. 8. Die Gewässer südlich des Rezaiyeh-Sees (zwei weitere kleine Seen sollen noch an der Ostküste des Sees bei Azarschahr liegen)

schon sind der Ansicht, daß der See auf keinen Fall als Reliktsee aufgefaßt werden könne, und dieser Meinung schließt sich auch BOBEK (mündl. Mitt.) völlig an. KUROS (1943) und der Schweizer Geologe A. HEIM (mündl. Mitt.) halten dagegen den See für einen Rest des Tertiärmeeres, obwohl dafür kaum sichere Argumente geboten werden können. Auch alte Seeterrassen wurden schon von LOFTUS (1855) und RODLER (1887) vergeblich gesucht und die von BOBEK (1937) vermutete Terrassen, die Anlaß für die Annahme eines pleistozän um 50 m höheren Seespiegels gaben, erwiesen sich als nicht lakustrine Bildungen. Nicht unwahrscheinlich ist dagegen die Annahme — für welche jedoch ebenfalls noch sichere Beweise fehlen — daß der See wohl bis zum frühen Pleistozän zurückreicht, zu welcher Zeit das Becken vielleicht endgültig zum abflußlosen Raum wurde.

Derzeit liegt der See (1273 m) nur 500 m unter der natürlichen Trockengrenze des Waldes, das heißt 150—200 m unter derjenigen des Regenfeldbaues und auf der subtropischen Mittelstufe, die sich zwischen „Gärm" und „Särd-sir" einschaltet (BOBEK 1954). Eine ausführliche geologische Studie des Beckens und vor allem der

Nachbarschaft des Sees liegt nicht vor, doch sind Gips- und Salzlager vom Nordrand des Beckens bekannt.

Als abflußloser See unterliegt auch der Rezaiyeh-See starken Schwankungen nicht nur im Verlauf eines Jahres, sondern auch langjähriger Perioden, die seine Ausmaße beträchtlich verändern können. So etwa ist die derzeitige Insel Schahi[1]) von 1899 und nach 1900 Halbinsel gewesen und nunmehr seit mindestens 30 Jahren durch einen Wasserarm vom Ostufer getrennt, wodurch die Fläche des Sees ganz außerordentliche Veränderungen erfährt. Die maximale Länge allerdings wird 150 km niemals stark überschreiten, da auch am weithin flachen Südufer das Gelände deutlich ansteigt. Die größte gemessene Tiefe beträgt nach PLATTNER 16 m, soll aber zwischen Schahi und Rezaiyeh auf 20 m absinken. Pegelmessungen bei Scharifchaneh zeigten, daß der See im Frühjahr (1954 Anfang Juni) seinen Hochstand erreicht und dann während der niederschlagsarmen Monate bis Mitte September um 50 cm fällt, das heißt, der See verliert innerhalb von 3,5 Monaten etwa 2,8 Milliarden Kubikmeter Wasser durch Verdunstung. Die langjährigen Schwankungen des Seespiegels betragen nach PLATTNER im Zeitraum von 1951 bis 1954 (gemessen immer Mitte September) bis zu 105 cm, doch muß der Wasserstand zur Zeit von GÜNTHERS Besuch (Sommer 1898), aus der Konzentration des Sees zu schließen, den (an sich hohen) herbstlichen von 1954 um wenigstens 1,5 m übertroffen haben. Seiches-Messungen fehlen bis jetzt.

Chemische Analysen des Seewassers liegen von ABICH (1856), GÜNTHER & MANLEY (1899), PLATTNER (1955b) und LÖFFLER (1956) vor, die freilich nur zum Teil vollständig sind, da ABICH den Kaliumwert, GÜNTHER & MANLEY und PLATTNER den Bromwert nicht anführen. Eine eigene Analyse von 1956 (Haidarabad, SW-Ufer) läßt vor allem den verhältnismäßig geringen Salzgehalt für Mitte September erkennen, eine Folge des ungewöhnlichen Juliregens in diesem Jahr (9. 9.):

	lg	mval		lg	mval	
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,46	22,9	SBV		6,1	pH 7,56
$Mg^{\cdot\cdot}$	6,43	529	SO_4^{--}	11,7	244	
$Na^{\cdot}$	88,85	3863	Cl^- (+ Br^-)	149,0	4200	
$K^{\cdot}$	1,39	35,7	SiO_2	4,0	lmg	

Praktisch identisch mit dieser ist eine weitere von Bender Danalu (14. 9.):

	lg	mval		lg	mval
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,57	28,4	SBV		6
$Mg^{\cdot\cdot}$	6,43	529	SO_4^{--}	11,87	
$Na^{\cdot}$	87,97	3829	Cl^- (+ Br^-)	148,00	
$K^{\cdot}$	1,39	35,7			

Wie die Analysen von 1949 erkennen lassen, sind fast 2% der als Cl^- angegebenen Menge Bromide. Jodanalysen wurden bis jetzt nicht ausgeführt.

Im allgemeinen steigt mit der erneuten Zufuhr an Wasser vor allem durch Niederschläge der Salzgehalt des Sees durch Auslaugung der Umgebung noch an, erst im

[1]) 1955, 56 wieder fallweise Insel.

Frühjahr treten durch Schmelzwässer der Flüsse[2]) weitgehende Verdünnungen ein, wobei es wahrscheinlich zunächst auch zu deutlichen Schichtungen kommen dürfte. Der Entfernung der Flußmündungen wegen erscheint Scharifchaneh für Pegelmessungen besonders geeignet, weil gleichzeitig der Salzgehalt des Sees dort recht einheitlich sein wird. Leider liegen kombinierte Pegel-Konzentrationsmessungen erst seit jüngster Zeit vor (PLATTNER 1955 b), so daß kein Einblick über das Ausmaß der Versalzung gewonnen werden kann. Die septemberlichen Pegel- und Konzentrationsmessungen PLATTNERS seien hier wiedergegeben, da sie erkennen lassen, daß ein Anstieg des Seespiegels vom 0-Stand um 6 bis 7 Meter schon genügen würde, um den See fast völlig auszusüßen, wobei dieser Wert eher zu hoch liegen dürfte, da ja gleichzeitig eine beträchtliche Flächenvergrößerung die Folge wäre:

	Gewichts-%	Pegel, in cm
10. 10. 1949 (eigene Messung, Bender Danalu)	26,0	
1950	?	—130
1951 (Mitte September)	28,3	— 95
1953 (,, ,,)	28,0	— 85
1953 (,, ,,)	27,0	— 55
1954 (,, ,,)	23,0	+ 50 (max. + 98)
1956 (eigene Messung, Haidarabad, 9. 9.)	22,2	

Daraus ist zu ersehen, daß Veränderungen um einen Meter eine Konzentrationsänderung von etwa 3,66% zur Folge haben. Da der gesamte See wenigstens während des Sommers ziemlich gleichmäßigen Salzgehalt besitzt (die Messungen bei Haidarabad und Danalu sprechen wenigstens dafür), kann die Annahme eines oligo- bis mesohalinen Sees bei 6 bis 7 m höherem Wasserstand als sehr wahrscheinlich bezeichnet werden. Dazu aber würde wahrscheinlich schon herabgesetzte Verdunstung bei höherer Luftfeuchtigkeit genügen. Im Zeitraum seit 100 Jahren war die Konzentration 1898 (GÜNTHER) am tiefsten bei rund 15%, doch sollen die Frühjahrswerte der letzten Jahre noch tiefer liegen, nämlich bei 11% (PLATTNER 1955b).

Die Temperatur des Sees an der Oberfläche betrug am 14. 9. (15^h30) bei Bender Danalu 24,0 °C, 20 cm tiefer aber bereits 25,7 °C, während am selben Standort im Oktober (10. 10. 1949, 10^h30) nurmehr 16 °C gemessen werden konnten. Wahrscheinlich schwankt die Oberflächentemperatur im Verlauf eines Jahres zwischen wenigen Graden über dem Nullwert im Winter und gegen 30 °C im Sommer. Die Sichttiefe nimmt gegen den Herbst zu, wenn hohe Konzentrationen zum Ausfall der meisten Organismen, aber auch von Salzen führen, zu welcher Zeit sie dann die Tiefe des Sees übertrifft.

Über das Phytoplankton ist leider noch wenig bekannt, und eigene Proben brachten nur Chlorococcales (*Chlorococcus sp.*), *Dunaliella sp.*, *Chlamydomonas sp.*, Cyanophyceen und Kieselalgen:

Während 1949 im Oktober bei 26 Gewichtsprozent *Artemia salina* im See vollständig fehlte, war die Art diesmal bei 22,2 Gewichtsprozent in riesigen Mengen vorhanden, wie dies auch von GÜNTHER (1900) und PLATTNER (1955a, b) berichtet wird. Nach PLATTNER soll die Art nur vom Mai bis Ende September anzutreffen sein, was

[2]) Die Wasserzufuhr durch Flüsse während der Sommermonate ist praktisch bedeutungslos. Der Adschi-Tschai im Osten liegt um diese Zeit z. B. immer trocken (Unterlauf).

einerseits mit dem jährlichen Temperaturgang, andererseits aber auch mit dem jährlichen Konzentrationsverlauf im See zusammenhängen könnte. Bei Bander Danalu und Haidarabad fanden sich zu den jeweiligen Untersuchungszeiten keine Larven von *Ephydra* (wie von GÜNTHER angeführt), dafür aber zahlreiche Schneckengehäuse, so bei Bander Danalu solche von *Bulimus leachi troscheli* PAASCH. und *Lymnaea stagnalis* L., bei Haidarabad ebenfalls *B. leachi troscheli*, daneben aber *Planorbis planorbis* und riesige Mengen von *Hydrobia acuta* DRAP. Ja diese Schalen und Schalenreste bilden sogar bei Haidarabad eine Uferzone, die sich dort zwischen einer untersten Zone faulender Algenstoffe und einer Schotterbank einschaltet. Hinter diesem Schotterwall sind verschiedentlich kleine Lagunen ausgebildet, von denen eine untersucht wurde (vgl. weiter unten).

Aus den Zuflüssen des Sees sind bisher folgende Arten bekannt:

Lymnaea stagnalis L. (bei Rezaiyeh)
Lymnaea palustris MÜLL. (bei Maragha)
Lymnaea truncatula MÜLL. (bei Seir, Rezaiyeh)
Planorbis marginatus DRAP. (bei Maragha)
Sphaerium lacustre MÜLL. (bei Rezaiyeh)
Unio sieversi DROUET (Gader Tschai)

Hydrobia acuta DRAP. ist in der Liste bei GÜNTHER nicht aufgeführt; es ist derzeit unklar, wo diese Art in solchen Mengen vorkommt, daß ihre Schalen bei Haidarabad am Aufbau des erwähnten Strandwalls mitbeteiligt sind.

Schon GÜNTHER vermutete, daß die Fischfauna der Zuflüsse darüber Aufschluß geben müsse, welches Alter der See in seinem heutigen Zustand hat, wenn man in Betracht zieht, daß das hochkonzentrierte Salzwasser zwischen den einzelnen Zuflüssen jeden Austausch der Fischfauna unterdrückt und damit eventuelle Rassenbildung bei hohem Alter fördert. Derzeit läßt sich jedoch nur eine für die einzelnen Zuflüsse vielfach verschiedenartige Zusammensetzung der Formen erkennen. In den Zuflüssen des Rezaiyeh-Sees sind in der Reihenfolge vom Nordwesten bis Maragha enthalten (aus dem Adschi-Tschai ist derzeit noch nichts bekannt):

Zola-Tschai: *Barbus caucasicus* KESSLER
Leuciscus cephalus L.
Nemachilus persa (HECKEL)

Nazlu-Tschai: *Capoeta gracilis* KEYSERLING
Leuciscus gaderanus GÜNTHER
Leuciscus cephalus L.
Alburnus atropatenae BERG (= *A. filippi* bei GÜNTHER)

Schaher-Tschai: *Capoeta gracilis* KEYSERLING
Leuciscus cephalus L.

Berdesur-Tschai: *Leuciscus cephalus* L.
Abramis urmianus GÜNTHER

Gader-Tschai: *Silurus glanis* L.
Gobio persa GÜNTHER
Leuciscus gaderanus GÜNTHER
Abramis urmianus GÜNTHER

Saudsch-Bulak-Tschai: *Capoeta gracilis* KEYSERLING
Leuciscus cephalus L.
Alburnus atropatenae BERG

Tatawi-Tschai: *Leuciscus gaderanus* GÜNTHER

Dschagatu-Tschai: *Silurus glanis* L.
Leuciscus gaderanus GÜNTHER

Murdi-Tschai: keine Angaben

Suffi-Tschai: *Alburnus atropatenae* BERG

Demnach sind aus dem Rezaiyeh-Einzugsgebiet derzeit 3 endemische Formen bekannt, deren endemischer Charakter allerdings erst durch großzügige Aufsammlungen auch außerhalb des Gebietes bestätigt werden müßte. Ebenso müßte auch die

Fischfauna der einzelnen Zuflüsse noch genau studiert werden: sollte sich herausstellen, daß die Artkomposition nach GÜNTHER tatsächlich zutrifft, so könnte dies auf ein größeres Alter des Sees in seinem heutigen Zustand hinweisen, doch ist der Einfluß des Menschen (für die Armenier ist selbst der Wels nicht unrein) in Betracht zu ziehen. Rassenbildungen in den einzelnen Flüssen sind jedenfalls bis heute nicht nachgewiesen.

Aus dem Unterlauf des Tatawi-Tschai (Bewuchs mit *Ceratophyllum demersum*) — zur Untersuchungszeit war in dem tiefen Flußbett oberhalb eines Dammes (aus Schilf gefertigt) kaum eine Wasserströmung zu verzeichnen — wurden am 12. 9. Proben entnommen, die bei etwa 180 lmg Cl vor allem Rotatorien enthielten:

Rotatoria
- *Brachionus angularis* GOSSE
- *Brachionus calyciflorus dorcas spinosa* (WIERZEJSKI)
- *Brachionus leydigi* ?
- *Brachionus quadridentatus brevispinus* (EHRB.)
- *Brachionus urceolaris* O. F. M.
- *Cephalodella gibba* (EHRB.)
- *Colurella colurus* (EHRB.)
- *Colurella uncinata* (O. F. M.)
- *Colurella uncinata* bicuspidata (EHRB.)
- *Dicranophorus epicharis* HARRING & MYERS
- ***Euchlanis dilatata*** EHRB.
- *Filinia longiseta* (EHRB.)
- *Hexarthra fennica* (LEVANDER)
- *Keratella tropica* (APSTEIN)
- ***Lecane bulla*** (GOSSE)
- *Lecane closterocerca* (SCHMARDA)
- *Lecane luna* (O. F. M.)
- *Lecane lunaris* (EHRB.)
- ***Lecane quadridentata*** (EHRB.)
- *Lecane* sp.
- *Lepatella patella* (O. F. M.)
- *Lepatella triptera* EHRB.
- *Mytilina ventralis brevispina* (EHRB.)
- *Polyarthra vulgaris* CARLIN
- ***Synchaeta oblonga*** EHRB.
- *Testudinella patina* (HERMANN)
- *Trichocerca rattus carinatus* (EHRB.)
- *Trichocerca cfr. longiseta*
- *Trichocerca cfr. pusilla*

Crustacea
- *Simocephalus vetulus* (O. F. M.)
- *Scapholeberis mucronata* (O. F. M.)
- *Macrothrix spinosa* KING
- *Alona pulchella* KING
- *Alona rectangula* SARS
- *Chydorus sphaericus* (O. F. M.)
- ***Eucyclops serrulatus*** (FISCHER)
- *Microcyclops bicolor* SARS
- *Cypridopsis vidua* (O. F. M.)

Insekta
- Ephemeroptera
- *Sigara semani* HOB.

Im Raum südlich des Rezaiyeh-Sees liegen flache Landstrecken innerhalb wahrscheinlich jüngerer oder zumindest pleistozäner Transgressionszonen des Sees, zu denen allerdings nicht mehr jene Gebiete gerechnet werden können, die sich durch einen Reichtum kleiner, meist flacher und salziger Gewässer auszeichnen. Die hohen Gehalte an Chloriden, vor allem aber auch an Carbonaten, lassen darauf schließen, daß dort salzreiche Horizonte bestehen, deren Beziehung zum Rezaiyeh-See noch zu klären wäre.

Eindeutig innerhalb des ständigen Transgressionsgebietes liegen größere Lagunen des Sees, die etwas höher als der See selbst hinter dem oben erwähnten Strandwall bei Haidarabad liegen. Teilweise mit Juncaceen verwachsen, wiesen sie einen Chloridgehalt von 6,27 g/l auf. Dementsprechend bestand die Algenflora hauptsächlich aus Blau- und Kieselalgen, während unter den Crustaceen nur halophile und halobionte Formen vertreten waren:

Cyanophyta
- *Chroococcus turgidus* var. *subnudus* HANSGIRG
- *Johannisbaptistia Gardneri* FREMY
- *Lyngbya* sp.
- *Spirulina maior* KÜTZING

Chrysophyta
- Bacilliarophyceae

Amphora coffaeiformis Agardh h
Amphora veneta (Kütz.)
Achnanthes brevipes Agardh
Cocconeis placentula (Ehr.) sh
Nitzschia obtusa W. Smith sh
Pleurosigma elongatum W. Smith h
Surirella ovata Kütz.
Surirella striatula Turpin h
Synedra affinis Kütz.
Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr.
Tropidoneis lepidoptera var. *intermedia* Riss.
Oligochaeta *Nais elinguis* O. F. Müller
Crustacea
Diacyclops bisetosus Rehb.
Nitocra lacustris (Schmankewitsch)
Heterocypris incongruens (Ramdohr)
Heterocypris salina (Brady)
Insecta
Trichocladius sp.
Culicidae

Unter den Seen südlich vom Rezaiyeh war der Schor-göl zur Zeit der Untersuchung völlig ausgetrocknet (9. 9.): da das Jahr 1956 durch seine außergewöhnlichen Juliregen eher als niederschlagsreich bezeichnet werden muß, darf angenommen werden, daß dieser See, in einer Mulde westlich vom Kara-dagh gelegen, regelmäßig im Verlauf des Sommers völlig verschwindet.

Auch der Lulunar-göl liegt in einer Senke nördlich vom Gader-Tschai gegen eine Hügelkette durch den Schwemmfächer dieses Flusses gestaut. Zur Zeit der Untersuchung (9. 9.) hatte der etwa 30 bis 40 m über dem Rezaiyeh-Spiegel gelegene See eine maximale Tiefe von 25 cm, jedoch beträchtliche Ausdehnung (max. Länge damals gegen 2 km). Eine Wasserstandsmarke von wenigstens einem halben Meter über dem aktuellen Wasserspiegel schien dem winterlichen Wasserstand zu entsprechen. Der mit *Potamogeton pectinatus*(?) stark verwachsene Seegrund ist ein mit pflanzlichem Detritus durchsetzter Sapropel und Ursache für eine stark braungelbe Färbung des Wassers. Die Wassertemperatur betrug um 17^h30 25,1 °C. Die chemische Analyse ergab hier vor allem auch ein hohes SBV:

	mgl	mval		mgl	mval		
$Ca^{\cdot\cdot}$	30	1,5	SBV		26,35	L	38400
$Mg^{\cdot\cdot}$	1130	93,4	SO_4^{--}	1230	25,59	pH	8,90
$Na^{\cdot}$	10350	450	Cl^-	17600	496	SiO_2	1,5 lmg
$K^{\cdot}$	120	3					

In dem an Phytoplankton zu dieser Zeit stark verarmten See fanden sich zur Untersuchungszeit enorme Volksdichten halophiler Entomostraken und eines Rotators:

Rotatoria
Brachionus plicatilis O. F. M. (stark sackförmig, wie auch in den alkalischen Ge-wässern des Seewinkels)
Crustacea
Moina salinarum Gurney (auch Männchen)
Diaptomus salinus Daday
Cletocamptus retrogressus Schmankewitsch
Insecta
Sigara assimilis Fieb.

Die Volksdichten — es liegt hier ein Literwert vor — betragen für *Moina salinarum* 130, für *Diaptomus salinus* 110 (+11 Nauplien), für *Cletocamptus* 44 und für *Brachionus* 11. Dieser *Brachionus*-Wert liegt sicher zu tief, was sich leicht aus der Tatsache erklärt, daß die meisten Tiere wohl auf der Wasseroberfläche schwammen. Außerdem enthielt ein Liter ungefähr 10 *Sigara*-Individuen.

Das Bodenmaterial enthielt Schalen von *Eucypris inflata*, *Heterocypris salina* und *Candona sp.* (*neglecta* ?). Ferner fanden sich zahlreiche Ephippien einer *Ctenodaphnia* (wahrscheinlich *magna*) und schließlich zahlreiche Exuvien von *Artemia*: hier ist nun wichtig festzustellen, daß *Artemia salina* empfindlich gegenüber sehr hohen Alkalicarbonatkonzentrationen ist, und es erscheint durchaus nicht ausgeschlossen, daß auch hier der SBV-Anstieg für den Ausfall dieser Art verantwortlich zu machen ist.

Fische fanden sich in diesem See keine, doch gab es zahlreiche Wasservögel: *Recurvirostra avosetta*, *Charadrius alexandrinus*, *Tringa totanus* ?, *Fulica atra*. (Bei Haidarabad am Urmia-See deuteten zahlreiche Federn auf das fallweise Vorkommen von *Phoenicopterus* hin; *Pelicanus crispus*(?), *Casmerodius albus*, *Charadrius alexandrinus* wurden dort noch beobachtet. Auch soll auf den Rezaiyeh-Inseln *Tadorna tadorna* häufig zu sehen sein.).

Kopi-göl und Qara-göl, westlich bzw. südlich von Miandoab, waren zur Untersuchungszeit wie Schor-göl völlig ausgetrocknet. Eine weite Salzfläche läßt für den Kopi-göl zur Zeit der Wasserführung höhere Konzentrationen erwarten. Auch der Dschingis-göl, südlich von Miandoab war zu dieser Zeit (13. 9.) wasserfrei, doch enthielt eine schwach salzige Limnokrene (230 lmg Cl) dort größere Wassermengen mit folgenden Bewohnern:

Crustacea
- *Candona neglecta* juv. ?
- *Ilyocypris bradyi* SARS
- *Herpetocypris reptans* (BAIRD)
- Schalen von *Heterocypris*
- *Rivolugammarus lacustris erevanicus* BEHNING & POPOVA

Insecta
- *Corixa affinis* LEACH.

Mollusca
- *Pisidium* sp.

Ein Tümpel 13 km westlich von Miandoab (12. 9.) mit dem Chloridgehalt von 1430 lmg enthielt lediglich *Cyprinotus salinus* und Schalen einer *Candona* (*cfr. parallela* ?). In einem schlammigen Tümpel des Straßengrabens 2 km westlich Miandoab (12. 9.) wurde ebenfalls nur eine artenarme Fauna vorgefunden:

- *Asplanchna sieboldi* (LEYDIG) ?
- *Leptestheria dahalacensis* RÜPPEL (Männchen und Weibchen): aus Transkaspien bereits bekannt
- *Metacyclops minutus* CLAUS

Nördlich von Miandoab liegt bei Malek-kand ein fast kreisrunder See, der durch einen Schwemmfächer randlich aufgestaut ist und schottrigen Grund besitzt. Die Ufer haben kleine *Scirpus*-Bestände, während der See selbst mit *Potamogeton pectinatus* verwachsen ist. Nirgends betrug die Tiefe mehr als 20 cm, doch soll der See in Jahren mit normalen Niederschlägen um diese Zeit überhaupt trocken liegen. Die Temperatur betrug um 16^h 30 (13. 9.) 21,0 °C, die Wasseranalyse ließ auch hier einen überdurchschnittlichen SBV-Wert erkennen:

	lmg	mval		lmg	mval	
$Ca^{\cdot\cdot}$	6,5	0,32	SBV		15,4	L 2300
$Mg^{\cdot\cdot}$	11	0,90	SO_4^{--}	436	9,19	pH 8,0
$Na^{\cdot}$	702	30,5	Cl^-	277	7,82	(Merckind.)
$K^{\cdot}$	23	0,59				

Leider lagen hier von der einzigen *Diaptomus*-Art nur juvenile Individuen vor, so daß nicht entschieden werden konnte, ob hier ebenfalls wie im Guru-göl (LÖFFLER 1956) *D. spinosus* auftritt:

Rotatoria
- *Brachionus calyciflorus pala* (EHRB.) h
- ***Brachionus quadridentatus brevispinus*** (EHRB.)
- *Brachionus urceolaris* O. F. M.
- *Hexarthra fennica* (LEVANDER)
- *Lecane luna* (O. F. M.) sh
- *Lecane* sp.
- *Notholca squamula* (O. F. M.)
- *Notommata* sp.

Crustacea
- *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVIN) sh
- *Macrothrix rosea* (JURINE) h
- ***Alona rectangula*** SARS
- *Diaptomus* juv.

Insecta
- *Eucricotopus* sp.
- Orthocladiinae sp.
- Odonaten-Larven

Ein kleiner, seichter Weiher südlich von Binab (13. 9.) gehört schließlich ebenfalls zur Gruppe der Rezaiyeh-Rand-Seen und hatte zur Untersuchungszeit bei starker Trübung (Sichttiefe 5 cm) einen Chloridgehalt von 1870 lmg. Halophile und euryhaline Formen standen hier im Vordergrund:

Rotatoria
- ***Brachionus plicatilis*** O. F. M.

Crustacea
- *Daphnia magna* STRAUS
- ***Moina rectirostris*** LEYDIG (Männchen zahlreich)
- *Simocephalus exspinosus* (KOCH)
- *Macrothrix triserialis* BRADY
- *Megacylops viridis* (JURINE)
- *Metacyclops minutus* CLAUS
- *Heterocypris incongruens* (RAMDOHR)

Insecta
- *Corixa affinis* LEACH
- *Sigara lateralis* LEACH

Zwei weitere kleine Gewässer sollen sich noch südwestlich (Kara-dagh) und westlich von Azarschahr befinden. Zum Einzugsgebiet des Rezaiyeh-Sees gehört schließlich noch der Guru-göl mit einem SBV von 20, der früher bereits beschrieben wurde (LÖFFLER 1956) und dessen Wasserstand stark schwanken soll (PLATTNER, mündl. Mitt. X. 1949: 1 m, IX. 1954: 3,7 m). Die dort vorkommenden Amphipoden (*Gammarus lacustris* sens. lat.) wurden irrtümlich als *G. pulex* bestimmt. Die Ostrakoden gehören alle *Limnocythere inopinata* zu.

Zusammenfassend lassen sich alle Gewässer des Rezaiyeh-Beckens als mehr oder weniger salzige Seen beschreiben, unter denen im Gegensatz zu den anderen Beckenlandschaften des abflußlosen Iran jedoch stark alkalische Typen zu überwiegen scheinen. Dementsprechend ist die Fauna des Guru-göl (vgl. LÖFFLER 1956) durch natronophile Elemente gekennzeichnet (*Diaptomus spinosus, Hexarthra fennica medica*) und läßt damit deutliche Beziehungen zu den alkalischen Gewässern Kleinasiens (Wan-See) und des ungarischen Tieflandes erkennen. Die Entstehung des Rezaiyeh-Sees, einem Salzsee mit Dichtewerten bis zu 1,208 (Totes Meer 1,222), ist derzeit noch nicht geklärt: sein Alter reicht nicht unwahrscheinlich bis ins frühe Pleistozän zurück.

9. Murd-ab (Kaspi-Gebiet, Gilan) (Abb. 9)

Die etwa 70 bis 75 km² große Wasserfläche des Murd-ab-Haff liegt am westlichen Rand der großen Schwemmfächerlandschaft des Säfid-rud und steht hauptsächlich durch die teilweise künstlich erweiterte Wasserstraße des iranischen Hafens Pahlawi mit dem Kaspimeer in Verbindung. Das relativ kleine Einzugsgebiet dieser Kaspilagune reicht mit teilweise über 2000 mm Jahresniederschlägen freilich ohne weiteres

aus, den überwiegenden Teil des Gewässers süß zu erhalten und durch die Lage im vollhumiden Bereich des kaspischen Feuchtwaldes ist auch die Verdunstung weitgehend herabgesetzt. Die Kaspischen Uferlandschaften, gerade noch in der Zone prekärer Dattelvorkommen, liegen knapp oberhalb der „Gärmsir"-Stufe und sind wärmemäßig durch ihre offene Lage gegen Norden benachteiligt, was sich eben auch im Mangel von Dattelkulturen ausdrückt, die etwa auf gleicher Breite weiter westlich im Irak überall bestehen (Jahres-Mittel, Pahlawi 15,6 °C).

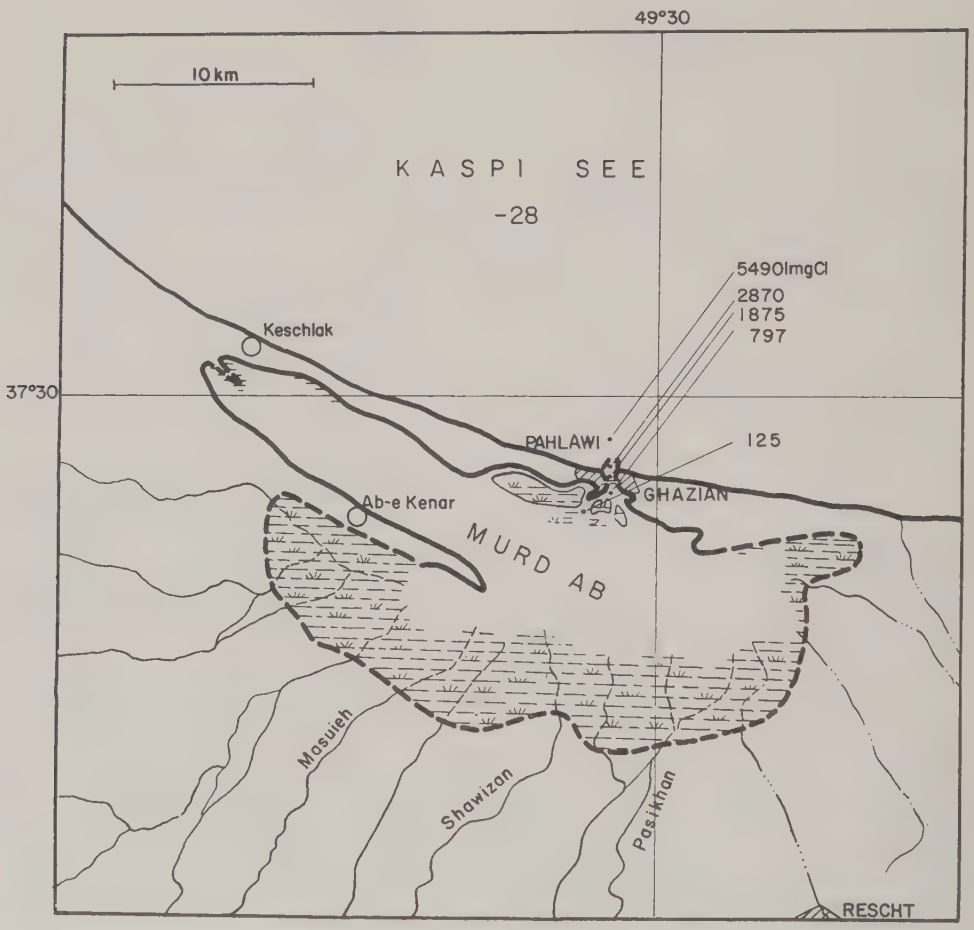


Abb. 9. Murd-ab

Der Wasserhaushalt des Murd-ab steht weitgehend mit dem Wasserstand des Kaspimeeres in Zusammenhang, weshalb sich auch die neuerliche Abnahme von 2 m innerhalb der letzten 30 Jahre[1]) (—28 m Seehöhe) in einer zunehmenden Verlandung des Haffgebietes auswirkt, dessen Fläche im gleichen Zeitraum entsprechend verringert wurde: die größte Entfernung, die vor dem Rückgang der Kaspisee etwa

[1]) Rückgang eigentlich schon seit 1805, mit stationären und rückläufigen Perioden, wie 1929.

36 km betrug (SCHÜTZ 1959) ist nunmehr auf 22 km zurückgegangen, 7 km Ausdehnung sind dabei allein im Westen verloren gegangen. Die starke Verlandung macht sich auch im Zuwachs der Schilfwiesen besonders im Süden und Osten bemerkbar, ebenso wie durch Auftauchen einer ganzen Insel südlich von Pahlawi (Mehdi-Gudeh). Östlich von der genannten Insel sollen zeitweise besonders starke Strömungen bestehen.

Über das Murd-ab berichten zahlreiche Forschungsreisende, so vor allem KARL ERNST VON BAER (1865), der dort 1855 auf Besuch weilte, BUXTON (1921), BRONSTEIN (1925), GURNEY (1921b, berichtet über die von BUXTON gesammelten Entomostraken), RYLOV (1928, beschreibt ein von TARNOGRADSKY 1924 gesammeltes Material), HEMSEN (1952, referiert über ein im Dezember 1936 gesammeltes Material), LINDBERG (1942b), und SCHÜTZ (1959) liefert in seinem Buch über die Vogelwelt des südkaspischen Tieflandes zahlreiche wertvolle Beiträge zur Kenntnis des Murd-ab.

Das Alter des Murd-ab in seiner heutigen Gestalt ist wahrscheinlich gering: die Nehrung verdankt ihre Entstehung der gegen den Uhrzeigersinn verlaufenden Strömung des Kaspimeeres, während die östliche Begrenzung hauptsächlich durch den Schwemmfächer des Säfid-rud gebildet wird. Da zur Zeit der letzten Kaltzeit im Pleistozän von russischen Bearbeitern ein Stand von 50 m, von BOBEK (1937, 1955) sogar 80 m über heutiger Spiegelhöhe des Kaspimeeres angenommen wird und auch später noch stärkere Schwankungen des Wasserstandes folgten, kann wohl auch die Nehrung als sehr junge Bildung aufgefaßt werden, wenngleich über ihr Alter noch keine genauen Angaben bestehen.

Die eigenen Untersuchungen mußten sich mangels Zeit auf das Kanalsystem und den Hafen zwischen Murd-ab und Kaspimeer beschränken (25. bis 27. 8.). Folgende Standorte wurden für die Probenentnahmen gewählt:

1. Ausgang der Wasserstraße gegen das Murd-ab, etwa 2,5 km von der Brücke, Pahlavi-Ghazian;
2. Wasserstraße, 0,5 km von der Brücke;
3. etwas nördlich der Brücke;
4. 0,5 km vor dem Ausgang des Hafens;
5., 6., 0,3 und 2 km nördlich vom Hafen im Kaspimeer.

Innerhalb der Wasserstraße ist neben den reichen Schilfbeständen eine reiche höhere Vegetation von *Typha*, *Elodea*, *Myriophyllum*, *Najas*, *Zanichellia*, *Trapa natans* und *Lemna*. Am Ausgang gegen das Murd-ab konnten auch zahlreiche Wasservögel beobachtet werden (*Phalacrocorax carbo sinensis*?, *Casmerodius albus*, *Casmerodius garzetta*, *Ardeola ralloides*, sehr häufig *Alcedo ispida*): SCHÜTZ (1959) gibt über die Ornis dieses Gebietes ausführlich Bericht. Im Hafengebiet herrschte zur Untersuchungszeit eine Diatomeenblüte, die noch einige Hundert Meter weit vom Hafenausgang ins Kaspimeer hinein zu beobachten war und unvermittelt aufhörte, so daß die Sichttiefe plötzlich von 1 auf 10 m anstieg. Hierzu zunächst einige physiographische Daten der 6 Standorte:

	Tiefe	Sichttiefe	Farbe	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	Cl^{-}
1	1,0 m	0,3 m	grünbraun	80 lmg	27 lmg	125 lmg
2	2,5 m	1,0		95	109	797
3	15	0,5	gelbbraun	195	261	1875
4	5?	0,4	gelbbraun	400	447	2870
5	50?	10	grünblau } (Forel-Ule	561	721	5200
6	?	10	grünblau } 5—6)	561	758	5490

Über die maximale Tiefe des Murd-ab liegen keine Angaben vor, doch dürfte sie bedeutend größer als jene der Wasserstraße gegen den Hafen sein. Um so deutlicher lassen die Analysenwerte erkennen, daß die gesamte Wassermasse des Haffs weitgehend ausgesüßt sein dürfte, wenngleich auch der Einfluß der Seiches vom Kaspimeer auf die chemischen Verhältnisse des Murd-ab ebenso wie der Zustand bei Kaspi-Hochständen nicht bekannt ist. Große Mengen bereits abgestorbener *Campylodiscus*- und *Surirella*-Arten in Probe 1, sowie der dort gegenüber normalem Süßwasser noch erhöhte Chloridgehalt machen es wahrscheinlich, daß zumindest zeitweise Gegenströmungen vom Kaspimeer her bestehen.

Nach ZENKEVICH (1957) schwankt im südlichen Teil des Kaspimeeres die Salinität zwischen 1,2 und 1,3%. Nach HALBFASS (1923) scheinen die Anionen- und Kationenwerte der Kaspisee (Ort ?) mit Ausnahme des Carbonatwertes nur wenig zu schwanken:

	HALBFASS	Werte 1956
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,3—0,4 lg	0,561 lg
$Mg^{\cdot\cdot}$	0,7—0,8 lg	0,758 lg
$Na^{\cdot}$	3,1—3,2 lg	
$K^{\cdot}$	0,07—0,08 lg	
Cl^{-}	5,3—5,42 lg	5,490 lg
SO_4^{--}	3,11—3,02 lg	
CO_3^{--}	0,05—0,1 lg	

(HALBFASS gibt irrtümlich falsche Stellenwerte für Ca, Mg, K und CO_3, die in obiger Aufstellung korrigiert sind.) Da die Werte von HALBFASS aus der Zeit vor 1929 stammen, dürfte der nun vorliegende Wert von fast 5,5 lg Cl die neuerliche Abnahme des Wasserspiegels innerhalb der jüngsten Zeit zum Ausdruck bringen. In den Kaspibuchten (Karabugas) sind es vor allem Mg, Cl, SO_4, die dort den Konzentrationsanstieg bewirken.

	1	2	3	4	5	6
Rotatoria						
Brachionus urceolaris O. F. M.	—	d	sh	—	—	—
Brachionus plicatilis O. F. M.	—	—	d	+		-
Euchlanis dilatata EHRB.	+	—	+	—	—	—
Hexarthra fennica (LEVANDER)	—	sh	+	—	—	—
Lecane bulla (GOSSE)	—	+	—	—	-	—
Lecane luna (O. F. M.)	-	+	+	—	—	—
Synchaeta grandis ?	—	—	h	sh	—	—
Testudinella patina (HERMANN)	—	—	+	—	—	—
Crustacea						
Mesocyclops leuckarti (CLAUS)	—	+	+	-		—
Microcyclops rubellus LILLJ.	h	+	—	—	—	—
Microcyclops varicans SARS	—	—	+	+	—	—
Hydrachnellae						
Hydryphantes sp.	+	—	-	—	—	—
Limnesia sp.	+	+	—	—	—	—

Mit Ausnahme von *Calanipeda aquaedulcis*, die auch am Standort 1 noch in einem Exemplar gefunden wurde (im Murd-ab selbst dürfte die Art wenigstens nie dominant sein), hören alle Kaspiformen spätestens bei Standort 2 auf, wo nur zusätzlich *Halicyclops neglectus* vorkommt. Umgekehrt dringen auch die Binnenwasserformen nur bis zu Standort 4 vor, der im Hafengebiet liegt. Diese Verteilung dürfte allerdings nicht nur durch die Konzentrationsänderungen, sondern auch durch die zu diesem Zeitpunkt bestehende kaspiwärts gerichtete schwache Strömung bedingt gewesen sein. Die folgende Liste bringt nun zunächst die Verteilung der Binnenwasserformen, wobei hier auch alle Rotatorien mit einbezogen wurden: *Synchaeta grandis*(?) gehört allerdings eigentlich zum Kaspiplankton.

Von Decksbach (1930), Gurney (1921b), Hemsen (1952), Lindberg (1942b), Rylov (1928) und Bronstein (1925) werden direkt aus dem Murd-ab oder zuführenden Kanälen noch folgende Arten verzeichnet (teilweise aus benachbarten Tümpeln im Raum von Pahlawi): ● = Murd-ab-Bereich

Daphnia magna Straus
Daphnia obtusa Kurz
Daphnia longispina O. F. M.
Scapholeberis aurita (Fischer)
Simocephalus vetulus (O. F. M.)
Ceriodaphnia reticulata (Jurine)
Alona rectangula Sars
Alona guttata Sars
Alonella exigua Lillj.
Alonella excisa (Fischer)
●*Chydorus sphaericus* (O. F. M.)
Eudiaptomus vulgaris Schmeil
●*Eucyclops serrulatus* (Fischer) (Tümpel bei Pahlawi)
Paracyclops fimbriatus (Fischer)
Cyclops vicinus ?
C. strenuus divergens Lindberg
●*Megacyclops viridis* (Jurine)
Acanthocyclops vernalis Fischer
●*Diacyclops bicuspidatus* Claus
●*Diacyclops bisetosus* Rehb.
Microcyclops bicolor Sars (wie *Eu. serrulatus*)
Microcyclops linjanticus (Kiefer)
Thermocyclops dybowskii (Lande)
Canthocamptus staphylinus Jurine
Notodromas persica Gurney
●*Cypris bispinosa* Lucas (Nov.—Feb.)
●*Cypris pubera* O. F. M. (Jan.)
Cypris maculosa Bronst. (Tümpel nahe Murdab)
Eucypris viridis (Jurine)
●*Dolerocypris sinensis* Sars (Nov.—Jan.)
●*Herpetocypris cherreuxi* Sars (Feb.)
Herpetocypris reptans (Baird)
Strandesia vavrai persica Bronst. (wie *C. maculosa*)
Potamocypris variegata (Brady & Norman)

Diacyclops bicuspidatus kommt nach Rylov (1928) nur im ausgesüßten Teil des Murdab vor und dürfte im Hafenteil eine häufige Form sein, wie wiederholte Funde zeigen. Möglicherweise fällt jedoch die Art während des Sommers weitgehend aus. Die var. *odessana* ist bisher nicht von dort, sondern nur aus Süßwassertümpeln Nordirans bekannt. Eigentümlich genug enthält keine der Arbeiten Angaben über eine *Diaptomus*-Art aus dem Murdab, die dort sicher zu erwarten ist (aus dem Gebiet sind *D. vulgaris* und *atropatenus* gemeldet).

Liegt derzeit über die Verteilung der Süßwasser-(limnischen) Entomostraken noch nicht genügend Material vor, so kann dagegen die Aufteilung der Kaspiformen sowie der Salzwasserformen schon besser beurteilt werden. Das Vorkommen der einzelnen Arten an den Untersuchungsstationen 1 bis 6 war siehe folgende Tabelle.

Das Bodenmaterial bestand von Probe 3 an zu einem guten Teil aus juvenilen Cardien, unter denen sich auch *Rotalia beccari* fand, allerdings in viel größeren Exemplaren als die Kümmerformen vom Niriz-See. Die Medusenentwicklung an Station 3 und 4, also hauptsächlich im Hafenbereich (es handelt sich durchwegs um noch nicht geschlechtsreife Individuen), läßt für diesen Abschnitt auch einen reichen

	1	2	3	4	5	6
Protozoa						
Rotalia beccari (L.)	—	—	+	+	+	h
Coelenterata						
Craspedacusta sowerbii? (Medusen)	—	—	sh	h	—	—
Molluska						
Cardium juv.	—	—	m	m	m	m
Crustacea						
Polyphemus exiguus SARS	—	—	—	+	+	h
Cercopagis tenera SARS	—	—	—	—	—	h
Evadne anonyx SARS	—	—	—	—	—	h
Evadne camtonyx attenuata SARS	—	—	—	—	—	+
Evadne trigona SARS	—	—	+	+	+	sh
Evadne trigona pusilla SARS	—			+	—	–
Calanipeda aquaedulcis KRITSCH.	+(s)	+	d	sh	h	d
Halicyclops neglectus KIEFER	—	+	—	—	—	–
Halicyclops sarsi AKATOVA	—	—	+	d	sh	sh
Ectinosoma abrau (KRITSCH.)	—	—	—	—	+	—
Schizopera neglecta AKATOVA	—	—	—	+	—	—
Limnocletodes behningi BORUTZKY	—	—	+	–	—	—
Onychocamptus mohammed (BLANCHARD & RICHARD)	—	+	—	—		–
Cyprideis litoralis (Schalen)	—	—	—	?	+	+
Cytheromorpha fuscata (Schalen)	—	—	—	?	+	+
Balanus-Nauplien	—	—	+	+	sh	+
Balanus-Cypris-Stadien	—	—	h	sh	h	+
Pseudocuma sp. (juv.)	—	—	+	+	—	—

Hydrozoenbewuchs erwarten; die Medusen treten bekanntlich meist gegen Schluß einer reichen Entfaltung auf (vgl. DEJDAR 1934). Unter den Cladoceren fand sich nur *E. trigona* mit einer Unterart im Hafenbereich. Erst außerhalb dieser Zone kamen weitere Arten hinzu: Die ebenfalls von SARS (1902) beschriebenen Formen *E. hircus* und *E. maximovitschi* fehlten dort während der Untersuchungszeit. Ebenso fand sich von den 7 *Cercopagis*-Arten (*socialis, robusta, micronyx, anonyx, gracillima, prolongata, tenera*) nur *C. tenera* in mehreren reifen Individuen außerhalb des Hafenbereichs. Die Art ist schon am charakteristisch langen und spitzen Eisack kenntlich. *Polyphemus exiguus* schien ebenfalls das offene Kaspimeer zu bevorzugen (die zweite Art dieser Gattung, *P. pediculus*, konnte bisher in Iran noch nicht festgestellt werden).

Calanipeda aquaedulcis (= *Popella guernei* RICHARD) wird schon von RYLOV (1928) für den Murdab angeführt (Nov.—März), ebenso von HEMSEN (1952). Die Art toleriert außerordentliche Schwankungen im Salzgehalt. RYLOVs Angabe von *Eurytemora velox* LILLJ. (März) für das Murdab kann dagegen nicht bestätigt werden.

Die restlichen Copepoden, mit Ausnahme des sicheren Nachweises von *Halicyclops neglectus*, sind ebenfalls aus dem Gebiet bekannt (vgl. u. a. HEMSEN 1952), doch läßt sich für *Halicyclops sarsi* nunmehr eine untere Salztoleranz von etwa 1.8 g Cl/l feststellen. Die Harpacticiden tolerieren dagegen, soweit bekannt, auch viel niedrigere Salzgehalte.

Die Ostrakodenfauna des Gebietes war zum Zeitpunkt der Untersuchung, vielleicht durch die Massenentfaltung von *Cardium*, weitgehend reduziert, so daß sich

in den Proben nur Schalen von aus dem Kaspimeer bekannten Arten fanden. Hauptsächlich innerhalb des Hafenbereiches war dagegen eine starke Entwicklung von Balanidenlarven zu beobachten, wobei das Maximum für die Nauplien knapp außerhalb, jenes für die Cypris-Stadien innerhalb des Hafens an Station 5 bzw. 4 lag. Aus dem Kaspibereich sind bis her 2 *Balanus*-Arten, nämlich *B. improvisus* und *B. eburneus*, bekannt geworden (ZENKEVITSCH 1947, 1957), die beide in jüngster Zeit eingeschleppt wurden, *B. improvisus* angeblich erst 1956. Welcher der beiden Arten die Larvenstadien zugehören, vermag ich nicht zu beurteilen. Dagegen fehlte im Hafenbereich anscheinend *Nereis succinea*, eine ebenfalls in jüngster Zeit eingesetzte Polychaetenart.

Im Bodenmaterial der Stationen 3 und 4 fanden sich schließlich juvenile Individuen von *Pseudocuma*: SARS (1897) gibt für die mittleren und südlichen Abschnitte der Kaspisee 11 Arten dieser Gattung an, die eine nicht unerhebliche Rolle für die Fischernährung spielen dürfte. Daß dem Murdab in fischereilicher Hinsicht große Bedeutung zukommt, geht vor allem daraus hervor, daß die Kaspi-Spiegel-Abnahme und damit die beträchtliche Verkleinerung des Murdab auch einen starken Rückgang in den Fischerträgen zur Folge hatte, wie mir von der iranischen Fischereistation Gazhian (Schilaat) mitgeteilt wurde. Statistische Untersuchungen fehlen zur Zeit.

Die kurze Untersuchungsperiode war in keiner Weise geeignet, den zahlreichen Problemen dieses Haffraumes gerecht zu werden: Verschiebungen im Salzgehalt, physiographisch und jahreszeitlich bedingte Faunenveränderungen sowie die dort sicher wichtigen Produktionsfragen müßten im Murdab-Gebiet gründlich untersucht werden. Die Ergebnisse würden dann vor allem auch ein wertvoller Beitrag zur Ökologie der endemischen Kaspifauna sein.

10. Klimatisch-ökologische Analyse der Entomostrakenfauna in Iran

In einer limno-zoogeographischen Studie konnte darauf verwiesen werden (LÖFFLER, im Druck), daß vor allem auch in den flachen Steppengewässern dem Klima eine bedeutende Rolle für die Ausbreitungsmöglichkeit vieler Entomostrakenarten zufällt, ja, daß sich sogar Leitformen für Steppengewässer hervorheben lassen: so konnte zunächst die Bedeutung mindestens einmonatiger Temperaturmittel von rund 20 °C für eine Anzahl von Formen hervorgehoben werden, die demnach im Raum des klimatisch entsprechend gearteten Seewinkels, im östlichen Niederösterreich und in Südmähren noch vorkommen können, sonst aber nirgends in Mitteleuropa auftreten. Allerdings hat man sich — durch den fortwährenden Wechsel in der Versorgung der Gewässer mit Dauerstadien bedingt — diese Verbreitung besonders in seichten, sich physiographisch ständig ändernden Gewässern nicht als stabil, sondern in hohem Maß dynamisch vorzustellen, so daß auch die Grenzen der klimatisch bedingten Ausbreitungsareale — entsprechend den säkularen Klimaschwankungen — ständig fluktieren. Auch ist nicht zu übersehen, daß die Nutzung der einzelnen Klimagebiete durch die entsprechenden Formen hauptsächlich vom Ausmaß der ausbreitungsökologischen Fähigkeit abhängt, die weitgehend mit dem Vogelzug in Zusammenhang steht. So führen die jährlichen Vogelzüge unter Aussparung des zentralen iranischen Hochlandes vom Kaspigebiet einerseits über das Rezaiyeh-Becken nach dem Schatt-el Arab, andererseits durch die Turkmenenpforte (über den Hamun-See) nach dem indisch-iranischen Küstengebiet (SCHÜTZ 1959), so daß, wie dies an den Beispielen von *Phyllodiaptomus blanci* und *Metadiaptomus asiaticus* (auch *Ilyocypris divisa* ?) gezeigt werden konnte, vor allem zwischen diesen Zonen ein starker Aus-

tausch von Formen ermöglicht ist. Leider sind Vogelzugstraßen in dieser Hinsicht noch viel zu wenig analysiert.

In Iran sind neben den im folgenden Abschnitt zu behandelnden physiographischen Faktoren (vor allem der letzten Endes auch klimatisch bedingte Salzgehalt) die klimatischen insofern von ausschlaggebender Bedeutung, als hier verschiedenste Klimatypen auf engstem Raum verschränkt erscheinen, so daß bei genügend großem Material dessen Analyse in klimatischer Hinsicht von Interesse sein muß. Schon die Gegenüberstellung der „Gärmsir"-Stufe einschließlich der darüber gelagerten subtropischen Mittelstufe mit den winterkalten Zonen außerhalb der prekären Dattelanbaugebiete läßt zunächst wichtige Unterschiede in der Besiedlung erkennen.

So ist bis jetzt *Ceriodaphnia cornuta* ausschließlich vom „Gärmsir" Irans bekannt, kommt aber auch in Armenien, Georgien, Usbekistan und in der Mandschurei vor, allerdings dort wie hier nur in Individuen ohne Kopfhorn, was früher Anlaß zur Aufstellung der Art *C. rigaudi* gab. Die genannten Gebiete der Sowjetunion gehören nur teilweise prekären Dattelanbaugebieten an, doch läßt sich nicht leugnen, daß diese Art ebenso wie viele andere zirkumtropische Formen noch nie von gemäßigten Gebieten bekannt geworden ist. Die Ursache kann hier nicht im Bestehen langfristiger Wärmeperioden gesucht werden, sondern wahrscheinlich im gesamten Temperaturgang. Es ist durchaus möglich, daß viele Formen unter den Cladoceren vor allem obligat polyzyklisch sind und eine Ruheperiode nicht vorgesehen ist: bis heute sind leider tropische Formen noch nicht in Kultur gehalten worden. Wie Harding (1957) bereits hervorgehoben hat, kommen ungehörnte Individuen von *C. cornuta* vor allem am Nordrand des Verbreitungsgebietes vor, gehörnte hingegen nur innerhalb der Tropen, etwa in Monsunasien. Ähnlich wie *Ceriodaphnia cornuta* scheint auch *Phyllodiaptomus blanci* auf die beiden genannten Klimastufen beschränkt zu sein, wobei dieser Eindruck noch durch einen Fund in Irak (Amara) verstärkt wird. Dort ist übrigens auch *Metadiaptomus chevreuxi* verbreitet, der ebenfalls nur von Gebieten innerhalb der Palmenzone bekannt ist. Sowohl diese Art wie auch *Daphnia lumholtzi* (ebenfalls in Irak gefunden, Gurney 1921b) sind aus Iran noch nicht bekannt, obwohl *D. lumholtzi* auch im aralokaspischen Gebiet verbreitet ist (Decksbach 1926).

Auch *Apocyclops dengizicus* gehört einstweilen den genannten Klimastufen an und dürfte als Leitform für subtropisch-tropische Binnensalzwässer anzusehen sein, ebenso wie *Halicyclops spinifer* vorwiegend von subtropischen Brackgebieten bekannt ist. Wieweit auch *Mesocyclops leuckarti aequatorialis* und *Microcyclops karvei* solche klimatisch korrelierten Formen sind, läßt sich derzeit nicht beurteilen. Von den in dieser Arbeit nicht beschriebenen Entomostraken verdienen noch zwei Formen aus dem kaspischen Küstenstreifen, nämlich *Diaptomus atropatenus* und *Strandesia vavrai persica*, besonderes Interesse, da es sich hier offensichtlich auch um Formen handelt, die langfristige Wärmeperioden für ihre Existenz benötigen. *Strandesia* ist eine fast ausnahmslos tropische Gattung, *Diaptomus atropatenus*, wurde bisher nur vom kaspischen Küstengebiet bekannt und wäre nun auch für das südliche Turkmenistan und das Seengebiet am Schatt-el Arab zu erwarten.

Läßt sich das Verbreitungsareal einer Formengruppe gegen die kühleren Klimate durch die Ausdehnung des prekären Dattelanbaus recht gut abgrenzen, so gehört eine weitere Gruppe der iranischen Entomostraken deutlich zu jenem Artenkreis, für den eine längere ungebrochene Wärmeperiode erforderlich ist: *Daphnica similis* und *Chydorus barroisi* gehören unter den Cladoceren hierher, vielleicht auch *Macrothrix spinosa*. *Sinodiaptomus sarsi* (der übrigens eine derzeit auffallend ähnliche Ver-

breitung wie *Dolerocypris sinensis* SARS besitzt), *Thermocyclops rylovi* mit seiner Unterart *vermifer* (möglicherweise ist sie bloß eine Salzwassermodifikation), *Ilyocypris divisa*, *Eucypris inflata*, *Potamocypris arcuata* und *P. almasyi*, sowie *Heterocypris barbara* müssen ebenfalls dazu gerechnet werden. Dieser Formenschatz ist weitgehend auch im „Särdsir" und damit, zum Teil wenigstens, über das ganze Hochland verbreitet.

Ganz andere Formen endlich sind in den hohen Lagen der Gebirge, also den ständig kühlen Zonen („Särhadd") anzutreffen: zum Teil sind es dort die aus Mitteleuropa vertrauten Arten, wie im Zagrosgebirge *Stenocypria fischeri* (auch Türkei, SCHÄFER 1952, Fundort unbekannt), *Eucypris lutaria*, *Eucyclops serrulatus speratus* und im Elbursgebirge (November 1936) *Hemidiaptomus superbus hyrcanensis* BREHM, eine jedenfalls der mitteleuropäischen Art nahestehende Form. Daneben können hier kalt stenotherme Arten, wie *Bryocamptus zschokkei orientalis* bestehen, wozu vielleicht die bisher nur aus dem Elbursgebirge bekannten Copepoden *Arctodiaptomus toni* BREHM und *Eucyclops elburziensis* (LINDBERG) und die ebenso erst aus dem Elbursgebirge bekannte Ostrakodenart *Eucypris persica* gehören. Auch die seinerzeit vom Tar-See (Elbursgebirge) beschriebene Copepodenart *C. strenuus tatricus* KOZMINSKI (?) ist wahrscheinlich zu dieser Gruppe zu rechnen, während *Cyclops strenuus divergens* LINDBERG weit über das Hochland und auch die kaspischen Küstengebiete verbreitet ist.

In allen Höhenstufen treten die klimatisch weitgehend unabhängigen Formen auf, die teilweise, was Temperatur anbelangt, sicher ubiquistisch sind, wie etwa *Chydorus sphaericus*, *Alona rectangula*, *Eucyclops serrulatus*, *Paracyclops fimbriatus*, *Megacyclops viridis*, *Cypria ophthalmica* und *Cyclocypris ovum*, um nur einige zu nennen. Sie fallen zum Teil gegen die zentralen Teile der Binnenbecken zu wegen des stark zunehmenden Salzgehaltes aus.

Soweit es sich also derzeit beurteilen läßt, besteht vom Äquator gegen die gemäßigten Breiten zu eine deutliche Staffelung der klimatisch empfindlichen Entomostraken:

1. Zirkumtropische Bewohner, die vielleicht auf Tageszeitenklimate angewiesen sind, wie etwa Arten der Gattungen *Grimaldina*, *Gurneyella* und *Moinodaphnia*. Vielleicht gehören auch *Daphnia barbata* und *D. dolichocephala* hierher.

2. Tropisch-subtropische Bewohner (die zum Teil auf die Subtropen beschränkt sind!) deren äußere Verbreitungsgrenze gut durch die Ausdehnung prekärer Dattelpflanzungen markiert ist. Zum Teil handelt es sich um Formen, die nun auch aus Iran bekannt wurden, wie *Ceriodaphnia cornuta* und *Phyllodiaptomus blanci*.

3. Bewohner von Gebieten, die an eine 1 bis 2 monatige beständige Wärmeperiode (um 20 °C) gebunden zu sein scheinen. Hierher zählen Arten, die zum Teil auch in die Tropen vordringen, zum Teil aber auf die semi- bis vollariden Steppenklimate angewiesen sind: Dazu gehören unter den iranischen Arten *Daphnia similis*, *Macrothrix spinosa* ?, *Chydorus barroisi*, *Metadiaptomus asiaticus*, *Sinodiaptomus sarsi* ?, *Thermocyclops rylovi*, *Eucypris inflata*, *Heterocypris barbara*, *Ilyocypris divisa* und *Potamocypris almasyi*.

11. Zur Salinitätstoleranz von Binnenwasser-Entomostraken

Die nunmehr dargestellten Binnengewässer und ihre Fauna haben deutlich erkennen lassen, daß innerhalb des iranischen Raumes neben dem Klima vor allem der Salzgehalt der Gewässer die Verteilung der Entomostrakenfauna regelt. Dies gibt nun Anlaß, einmal zu untersuchen, wieweit sich denn derzeit ein Überblick über die Salinitätstoleranzen im allgemeinen, die Chlorinitäts- und SBV-Toleranzen der Binnenwasser-Entomostraken im besonderen gewinnen läßt: dabei zeigt es sich

zunächst, daß man viel eher Einblick in die oberen Grenzwerte bekommt, die unteren Werte aber weitgehend unbekannt sind, obwohl elektrolytarme Gewässer ganz offensichtlich von einem Großteil der Arten gemieden werden: so fehlen zahlreiche Arten unterhalb von einem Salinitätswert von 0,05%, ja teilweise schon unter 0,1%, wie etwa viele *Daphnia*-, *Moina*- und *Cyclops*-Arten, während gerade innerhalb dieses niedrigen Bereiches eine Anzahl von Arten leitformmäßig auftritt, etwa die *Holopedium*-Arten (hier wäre allerdings noch die obere Chlorinitätsgrenze zu prüfen), die *Streblocerus*-Arten und wahrscheinlich auch einige Ostrakoden (*Potamocypris pallida* ALM z. B.). Für diesen Bereich charakteristische Copepoden scheinen dagegen zu fehlen. Offensichtlich ist also das Süßwassermaximum in einem Arten-Salzgehalt-Diagramm, wie es REMANE (1934) entworfen hat, nicht beim Null-Wert zu suchen (gegen destilliertes Wasser zu ist vielmehr ein scharfer Abfall der Artenzahl zu verzeichnen), sondern bei einem Salinitätswert, der zwischen 0,05‰ (vielleicht sogar 0,1‰) und 1‰ liegt. Denn läßt sich schon das „Süßwasser" für Meeresorganismen mit einer unteren Salinitätsgrenze von 0,5‰ (früher 0,2‰) schwer festlegen (vgl. REMANE 1934, 1958), so toleriert ebenso die überwältigende Mehrheit aller Süßwasserorganismen Salinitäten bis 1‰. Es wäre daher völlig unzutreffend, etwa den Titicaca (S = 0,8—1,0‰) als „oligohalinen" See zu bezeichnen, wie ja auch REMANE (1958) lediglich eine Beschränkung auf limnische Bezirke unter 1‰ für die Mehrzahl der Cladocerenarten betont und nicht 0,5‰ angibt. Somit dürfte es ratsam sein, diese Süßwassergrenze innerhalb der Binnenwässerforschung mit 1‰ festzulegen, dafür aber einen „hyperlimnischen" Bereich für die elektrolytarmen (das heißt meistens kalkarmen) Gewässer zu reservieren, also etwa von 0,05 bis 0,09‰ abwärts, für dessen Bewohner REMANE (1958) die Bezeichnung „anhaline Limnobien" vorschlägt.

Wie im folgenden leicht gezeigt werden kann, haben auch die übrigen Salinitätsstufen, jüngst in Venedig festgelegt, für Binnenwässer wenig Bedeutung, da etwa die Grenze zwischen mixo- und euhalin (vgl. Abb. 10) im Artenspektrum kaum zu erkennen ist. Zunächst seien nun die oberen Grenzwerte für Salinität, Chlorinität und SBV zusammengestellt, wofür vor allem auch die iranischen Daten herangezogen werden können. Tab. 2 liefert diese Werte für 183 Entomostrakenarten aus Binnenwässern (*Calanipeda aquaedulcis* und *Cytheromorpha fuscata* und einige der Harpaticiden gehören eigentlich nicht hierher, wurden aber als Kaspibewohner mit aufgenommen), eine freilich verhältnismäßig niedrige Zahl, doch wurde in der Aufstellung auf den überwiegenden Teil jener Arten verzichtet, die nur bis zu einer Salinität von 1‰ bekannt sind (etwa *Alona affinis*, *Rhynchotalona rostrata*, *Rh. falcata*, *Cyclops vicinus*, *Acanthocyclops vernalis*[1]), um nur einige zu nennen). Außerdem wurde aber auf Verläßlichkeit der Daten Wert gelegt, weshalb auf viele unwahrscheinlichen Angaben verzichtet werden mußte. So etwa führt REMANE (1950, 1958, zit. auch bei SCHMITZ 1959) *Chydorus sphaericus* für die Nordsee an, wobei es sich ganz sicher um eingedriftete, bereits abgestorbene Exemplare gehandelt haben dürfte, da diese Art von zahlreichen Autoren in Konzentrationen nur unter 4 bis 5‰ gefunden wurde und aus höher konzentrierten Salzseen nicht bekannt ist. In höchstem Maß unwahrscheinlich ist auch eine Angabe von MANN (1940), der *Daphnia longispina* bei einer Salinität von 36,4‰ gefunden haben will, obwohl gerade für diese Art eingehende Untersuchungen

[1]) OLIVIER (1955) gibt für diese Art Fundorte mit S = 7,3‰, Cl = 2,9‰, SBV = 20 an: wahrscheinlich handelt es sich um chemisch uneinheitliche Gewässer. Dies gilt auch für *A. michaelseni* und *Microcyclops anceps* (S = 7,3‰).

Tabelle 2. Cl-, S- und SBV-Toleranz von Entomostraken: Zahlen in Klammer bedeuten, daß der Wert nicht ganz sicher ist oder aber der Salinitäts-Wert vom Chlorid-Wert oder umgekehrt abgeleitet wurde: Für diese Ableitung wird angenommen, daß in den meisten Fällen der Salinitätswert ungefähr doppelt so hoch wie der Chloridwert ist (Meer 34,4:19,4). Bei Arten, für die keine Werte angeführt werden konnten, handelt es sich um euryhaline oder sogar halophile Formen, die aus diesem Grund mit aufgezählt werden.

	Cl‰	S‰	SBV
Branchinecta cervantesi Margalef	4—44 ?	(8—88 ?)	
Branchinecta orientalis G. O. Sars	0,2	1 ?	
Branchinecta ferox (M. Edwards)	1	6	51
Branchinella spinosa (M. Edwards)	16	(32)	
Branchinella ornata Daday	2	(4)	22,5
Branchinectella media (Schmankewitsch)	8 ?—16	—(32)	
Artemia salina (L.)	149	392	
Eocyzicus obliquus (Sars)	2	(4)	22,5
Diaphanosoma brachyurum (Lievin)	1,5	3,1 (5 ?)	39,4
Diaphanosoma excisum Sars	(2,7)	5,4	
Diaphanosoma excisum stingelini Jenkin	(2,7)	5,4	10
Sida crystallina O. F. M.			
Daphnia atkinsoni Baird	8,4	19,7	32
Daphnia barbata Weltner	0,35	(1)	10
Daphnia gibba Methuen	1,9	(4)	31
Daphnia lumholtzi Sars	1,34	(2,7)	
Daphnia magna Straus	3,9	5,8	68
Daphnia tibetana Sars	3,5	12,8	34 (25)
Daphnia similis Claus	1 ?	4	31,6
Daphnia obtusa Kurz			
Daphnia pulex Leydig	2 ?	4	26,8
Daphnia longispina O. F. M.	2 ?	4	26,8
Daphnia retrocurva Forbes	1,7	(3,5)	
Ceriodaphnia cornuta Sars	3,0	(6)	16
Ceriodaphnia dubia Richard (= C. richardi)	(1,3)	3,5	23,5
Ceriodaphnia laticaudata P. E. Müller			
Ceriodaphnia quadrangula (O. F. M.)	3,9 ?	(8)	18,4
Ceriodaphnia reticulata (Jurine)	2	4,4	34
Scapholeberis mucronata (O. F. M.)	0,25	2	34
Simocephalus vetulus (O. F. M.)	0,45	2,0	19
Simocephalus exspinosus (Koch)	1,84	3,6	34
Bosmina longirostris (O. F. M.)[1]	1	2	16
Moina brachiata (Jurine)	8,8	36,4	54
Moina dubia (Richard)	3,9	(8)	18,6
Moina eugeniae Olivier	2,9	7,3	10
Moina hutchinsoni Brehm	23,7	39	50
Moina macrocopa Straus	5,9	22,2	155
Moina micrura Kurz	2,9	7,3	11
Moina rectirostris Leydig	15,6	(32)	>200
Moina salinarum Gurney	17,6	34	26

[1]) 2 von Olivier (1955) angeführte Arten (*Daphnia spinulata* und *Bosmina obtusirostris*) werden wegen systematisch unsicherer Stellung hier nicht berücksichtigt.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Cl‰	S‰	SBV
Moina wierzejski RICHARD	1,8	12,2	69
Ilyocryptus sordidus (LIEVIN)	2,1	4	
Macrothrix laticornis (JURINE)	0,3	1,5 ?	12,4 (18)
Macrothrix rosea (JURINE)	1,8	(4)	34
Macrothrix spinosa KING	2,4	(5)	6,4
Macrothrix triserialis BRADY	1,9	(4)	
Macrothrix hirsuticornis BRADY & NORMAN	15	(30)	68
Leydigia acanthocercoides (FISCHER)	0,8 (1,3)	2,1 (3,5)	10
Leydigia leydigi SCHÖDLER	0,2	1,5	18
Dunhevedia crassa KING	0,25	1,2	
Euryalona occidentalis SARS	0,2	1,5	18
Alona diaphana KING	(0,8)	1,7	
Alona guttata SARS	0,35	1,3	
Alona pulchella KING	0,25	2,3	20,8
Alona rectangula SARS	2,6	12,6	57
Alona tenuicaudis SARS	0,84	6	51
Pleuroxus trigonellus (O. F. M.)	0,8	2,1	6
Pleuroxus aduncus (JURINE)	0,25 (0,4)	1,2	15,4
Alonella excisa (FISCHER)			20,4
Chydorus barroisi RICHARD	0,25	1,2	
Chydorus gibsoni BRADY	0,38	1,5	
Chydorus sphaericus (O. F. M.)	1,9	(4)	39,4
Leptodora kindti (FOCKE)	1,0	(2)	
Calanipeda aquaedulcis KRITSCHAGIN	0,3—18	(36)	
Lovenula africana DADAY		(3)	84
Lovenula excellens KIEFER	0,8	(5)	6—114
Lovenula falcifera (LOVEN)	2	(4)	22,4
Neolovenula alluaudi (GUERNE & RICHARD)			
Boeckella bergi RICHARD	1,3	3,8	13
Boeckella poopoensis MARSH	20,8	?—61	11,5
Boeckella occidentalis MARSH		1,2	
Metadiaptomus asiaticus (ULJANIN)	0,25	1,2	
Metadiaptomus colonialis (VAN DOUWE)			10
Metadiaptomus transvaalensis METHUEN	8,3	(16)	1—114
Phyllodiaptomus blanci POPPE	0,25	1,2	
Eudiaptomus graciloides LILLJEBORG	1,0	(2)	
Arctodiaptomus bacillifer KOELBEL	1,7	10	65
Arctodiaptomus salinus DADAY	22,5	44,6	54 ? (26)
Arctodiaptomus spinosus DADAY	2,1	25	500
Arctodiaptomus stewartianus BREHM	1,5	6,7	56
Arctodiaptomus wierzejskii RICHARD	3	(6)	8,6
Notodiaptomus maracaibensis KIEFER		1,7	
Diaptomus sicilis FORBES	(17)	35 ?	
Pseudodiaptomus euryhalinus[1])	(30)	60	
Halicyclops exiguus KIEFER	5,2	10,3	
Halicyclops magniceps (LILLJEBORG)	—15 ?	—30 ?	
Halicyclops neglectus KIEFER	0,8—15	34 ?	

[1]) Gehört wie die meisten Arten der Gattung hauptsächlich dem marinen Brackgebiet zu. Ebenso die Gattung *Halicyclops*.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Cl‰	S‰	SBV
Halicyclops sarsi (Akatova)	1,8—5,4	(3,6)—12,6	
Halicyclops similis Kiefer	5,2	10,3	
Halicyclops spinifer Kiefer	16,8	(33)	
Eucyclops serrulatus (Fischer)	2,5	(5)	19
Eucyclops serrulatus speratus (Lilljeborg)	3 ?	7,2	14
Paracyclops fimbriatus (Fischer)	15,4	31	19
Cyclops strenuus s. str. Fischer	2,9	(6)	29,5
Cyclops strenuus divergens Lindberg	0,34	5	20
Cyclops vicinus Uljanin			60 ?
Cyclops ladakanus Kiefer	3,5	12,8	56
Megacyclops viridis (Jurine)	8,9	(18)	51 (155)
Diacyclops bicuspidatus Claus	15,6	(32)	39,4
Diacyclops bicuspidatus odessanus Schmank.			
Diacyclops bisetosus Rehb.	28,0	(56)	35,4
Microcyclops varicans Sars	2,8	(5,6)	
Microcyclops rubellus Lilljeborg	0,8	(1,6)	
Metacyclops distans Kiefer		(1,7)	
Metacyclops mendocinus (Wierzejski)	2,9	12,2	69
Metacyclops minutus Claus	8,4	19,6	24,4
Metacyclops planus Gurney		3,5	28,2
Apocyclops dengizicus (Lepeschkin)	22,5	44,6	
Apocyclops panamensis (Marsh)	36,2	74,8	
Mesocyclops leuckarti (Claus)	3,6	(7)	13,3
Mesocyclops leuckarti aequatorialis Kiefer	0,25	1,2	
Mesocyclops ellipticus Kiefer	1 ?	1,7	
Mesocyclops schuurmanae Kiefer	0,35	(0,7)	
Mesocyclops meridianus Kiefer	1,0	(2)	
Thermocyclops crassus (Fischer)	3,6	(7,2)	
Thermocyclops rylovi vermifer Lindberg	2,4	(4,8)	
Horsiella brevicornis van Douwe	2,1	4	
Schizopera neglecta Akatova	2,8—(20)	5,6—40,6	
Schizopera triacantha Kiefer	5,2	10,3	
Nitocra lacustris (Schmankewitsch)	34,3	1,5—21,5	
Nitocra lacustris, 5-borstige Form (Exp. P 5)	30—75	60—140	
Cletocamptus retrogressus Schmankewitsch	2,6—75	(5)—140	26
Cletocamptus confluens (Schmeil)	28	0,5—60	16
Cletocamptus trichotus Kiefer	18,7	(38)	15
Cletocamptus albuquerquensis (Herrick)	36,2	74,8	50
Cletocamptus gabrieli n. sp.	0,25		
Nannopus palustris Brady	0,25—15 ?	30 ?	
Limnocletodes behningi Borutzky	1,8—5,4 ?	—12,6 ?	
Onychocamptus mohammed (Blanchard & Richard)	(8)	15,9	
Echinocamptus viduus ?	8,37	19,66	
Canthocamptus staphylinus Jurine	0,3	3,2	20,4
Bryocamptus pygmaeus Sars	0,8	(1,6)	
Moraria poppei Mrazek	0,6	(1,2)	
Candona angulata			
Attheyella crassa Sars	(4)	8	
Candona neglecta Sars	(7,5)	15,0	6
Candona parallela G. W. Müller	0,7	5,5	35

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Cl‰	S‰	SBV
Candonopsis kingsleyi (BRADY & ROBERTS.)	(2,5)	5	12,8
Cyclocypris ovum (JURINE)		0,5	13
Cypria capensis SARS	0,8	(1,6)	18,6
Cypria ophthalmica (JURINE)	2,1	4	
Ilyocypris biplicata KOCH	0,84	2,1	16,2
Ilyocypris bradyi SARS	0,23	1	14,9
Ilyocypris decipiens MASI	1	2,2	14,8
Ilyocypris divisa KLIE	0,25	1,2	
Ilyocypris gibba (RAMDOHR)	1,8	(3,6)	11
Notodromas monacha (O. F. M.)		1	13
Cypris pubera O. F. M.		2,7	24,4
Cypris bispinosa LUCAS	0,6	(1,2)	
Eucypris virens (JURINE)	2,2	(4,4)	
Eucypris inflata (SARS)	4 ?—60	8 ?—110 (opt. 45 ?)	
Eucypris inflata mongolica (DADAY)		wie *H. salina* ?	
Heterocypris barbara (GAUTHIER)	1,2—44	(88)	
Heterocypris congener (VAVRA)	1,9	(4)	22
Heterocypris fretensis (BARDY & ROBERTSON)	(1,5)	3	
Heterocypris incongruens (RAMDOHR)	6,26	(12,5)	43,8
Heterocypris maura MASI)		1	
Hetrocypris salina (BRADY)[1])	(10)	20 (25 ?)	28,2
Heterocypris similis KLIE	4	(8)	
Herpetocypris reptans (BAIRD)	0,48	(1)	
Herpetocypris chevreuxi (SARS)		1,8	19
Afrocypris biconica KLIE	0,7	(1,4)	16,8
Pseudocypris expansa SARS	1,9	(4)	22,5
Megalocypris tuberculata SARS	1,9	(4)	22,5
Stenocypris malcolmsoni (BRADY)	1	(2)	
Cypridopsis vidua (O. F. M.)		1,7	19
Cypridopsis newtoni (BRADY & ROBERTSON)	(4)	8	8
Cypridopsis aculeata (COSTA)	2,5	(5)	
Cypridopsis hartwigi G. W. MÜLLER	1,6	(3,2)	
Cypridopsis inaequivalva KLIE	8,3	(16)	8—113
Potamocypris unicaudata SCHÄFER	0,5	3,7	28,2
Potamocypris almasyi DADAY	0,25	(0,5)	
Potamocypris arcuata SARS	6,75	(13,5)	7,5
Potamocypris steueri KLIE	(0,5—6)	1—12	
Potamocypris hummelincki KLIE	0,2	(0,4)	
Darwinula stevensoni (BRADY & ROBERTSON)	(7,5)	15,0	
Cythere triangulata LÖFFLER	2,1	4	
Leptocythere cribrosa KLIE		meso-polyhalin (?)	
Cyprideis litoralis litoralis (BRADY)	1,6—11,7	(23), (56 ?)	
Cyprideis litoralis torosa (BRADY & ROBERTS.)	2,5	5	
Limnocythere inopinata (BAIRD)	2,1	>25 ?	500
Cytheromorpha fuscata BRADY	(6)	1 ?—18 ?	
Loxoconcha gauthieri KLIE	(0,25—7,5)	0,5—15	

[1]) *H. fretensis, maura* und *salina* müßten konsequenterweise eigentlich als *Cyprinotus* bezeichnet werden (vgl. systematischer Abschnitt), doch soll in dieser Tabelle die für diese sehr verwandten Formen häufige Halophilie hervorgehoben werden.

von LAGERSPETZ (1958) vorliegen. Ebenso gilt dies für Daten von SCHMIDT (1913), wonach *Chydorus sphaericus*, *Simocephalus vetulus* und *Heterocypris salina* bei 59,4‰ S vorkommen sollen: gerade diese sicher falschen Werte (Probenentnahme?) werden immer wieder zitiert (zuletzt SCMHITZ 1959). Vielfach werden in Salzwässern auch Proben an verschiedenen Stellen entnommen, so daß der Analysenwert für die betreffenden Arten gar nicht zu Recht besteht: so gibt BEADLE (1943a, b) für *Diaptomus salinus* fast 70‰-Salzlösung als Wohngewässer an, doch geht aus zahlreichen Arbeiten hervor (u. a. LÖFFLER 1959), daß die Art den 50‰-Wert kaum je überschreitet. BEADLE fand *D. salinus* im Quargla-Schott (Algerien), einem großen flachen Gewässer, in anscheinend sehr geringer Dichte („recorded") und zusammen mit *Megacyclops viridis*, der allerdings mit Fragezeichen versehen ist. Es erscheint fast sicher, daß horizontale Konzentrationsunterschiede im fraglichen Gewässer zu dem unwahrscheinlichen Salinitätswert von rund 68‰ (34,6 lg Cl) für beide Arten führten. Möglicherweise auch hat es sich hier ebenfalls um bereits abgestorbene Individuen gehandelt.

Damit ist gleich die zweite Schwierigkeit angedeutet, nämlich die, optimale Konzentrationen festzulegen, die wahrscheinlich oft innerhalb einer Art schon nicht identisch sind. Nur in sehr wenigen Fällen wurde auch dieser Wert — als vorläufig zu betrachten — angegeben. Dort wo es nicht anders vermerkt wurde, bedeutet die jeweilige Zahl den oberen Grenzwert eines Toleranzraumes, der bei Salinität wenigstens bis gegen 0,5‰ abwärts reicht. Nur wenige Arten scheinen auch eine untere Grenze oberhalb dieses Wertes zu besitzen.

Folgende Arbeiten wurden besonders für diese Tabelle herangezogen (s. Tab. 2).

Südamerika: GESSNER (1952), LÖFFLER (1955), OLIVIER (1955).
Zentralamerika: KIEFER (1933, 1936a), KLIE (1933), RAMMNER (1933).
Nordamerika: ANDERSON (1958a, b), CARPELAN (1957), HUTCHINSON (1937b), WHITTAKER & FAIRBANKS (1958).
Afrika: BEADLE (1932, 1943a, b), GAUTHIER (1928), HUTCHINSON, PICKFORD & SCHUURMAN (1932), JENKIN (1934, 1936), STEUER (1942).
Europa: KLIE (1937a), LAGERSPETZ (1958), LÖFFLER (1957, 1959a), MARGALEF (1953), SCHÄFER (1933, 1953), STEPHANIDES (1948).
Asien: BEHNING (1939), GESSNER (1957), HUTCHINSON (1937a), LÖFFLER (1956, 1959b), MANN (1940), RYLOW (1948), SEWELL (1928).
Über Harpacticiden: LANG (1948).
Über Ostracoden: KLIE (zahlreiche kleinere Arbeiten, u. a. 1925).

Wie im folgenden Abschnitt noch zu zeigen sein wird, ist eine Reihe der angeführten Arten auf salzige Gewässer im allgemeinen, zum Teil aber auf salinare Binnengewässer im speziellen beschränkt. Sie finden sich vor allem unter den Anostraken, nur wenig unter den Cladoceren (*Moina salinarum*?), zum Teil unter den Cyclopiden (*Halicyclops*- und *Apocyclops*-Arten), besonders unter den Harpacticiden (Arten der Gattungen *Schizopera*, *Nitocra*, *Cletocamptus*, *Nannopus*, *Limnocletodes* und *Onychocamptus*) und schließlich auch unter den Ostrakoden (*Eucypris inflata*, *Cypris bispinosa*?, *Heterocypris barbara*, *Potamocypris steueri*, *Cyprideis litoralis*, *Cythere triangulata*, *Loxoconcha gauthieri* und *Cytheromorpha fuscata* BRADY: die beiden letztgenannten hauptsächlich innerhalb des marinen Bereiches). Die Calaniden nehmen ähnlich wie *Artemia salina* insofern eine Sonderstellung ein, als die meisten Arten auch befähigt sind, im Süßwasser zu existieren, obwohl man schwerlich *Diaptomus salinus* wie auch *Artemia salina* in ausgesprochenen Süßwässern finden wird (vgl. COLDITZ 1914): vielmehr ertragen die Arten bloß kurzfristige Aussüßungen ihres

jeweiligen salzigen Wohngewässers. Eine Ausnahme bilden hier die natronophilen Calaniden, von denen wenigstens drei Arten auf höher konzentrierte Alkali-(Bi-) carbonatgewässer beschränkt sind: *Lovenula africana* (= *Diaptomus biramatus*),[1] *Metadiaptomus transvaalensis* und *Arctodiaptomus spinosus*. So wurden im Seewinkel (Burgenland) bei einem SBV von unter 9 höchstens juvenile Individuen von *Diaptomus spinosus* gefunden und ähnliches geht aus Daten von Ungarn (u. a. NOGRADI 1957) und Iran (LÖFFLER 1956) hervor. Wie eigene Experimente zeigten, kann diese Art bis zu einem SBV von 500 gehalten werden, doch sind die Tiere gegen plötzliche Konzentrationszunahmen (nicht -abnahmen) sehr empfindlich. Die Nauplien scheinen vor allem nach stärkeren Verdünnungen (unter einem SBV von 100) bevorzugt zu schlüpfen.

Überhaupt dürften die Calaniden, ganz im Gegensatz (nach bisherigen Erfahrungen) zu den Cyclopiden häufig befähigt zu sein, hohe (Bi-)carbonatkonzentrationen zu ertragen, sind doch bereits 7 Arten bekannt, die ein SBV von über 50 tolerieren.

Unter den Ostrakoden sind zwei Arten für hohe SBV-Werte bekannt: *Cypridopsis inaequivalva* KLIE ist vielleicht überhaupt auf Natrongewässer beschränkt; *Limnocythere inopinata*, gegen hohe Chloridkonzentrationen empfindlich, erträgt, wie ebenfalls eigene Untersuchungen gezeigt haben, ähnlich wie *Diaptomus spinosus* eine durch Carbonate und Bicarbonate (im Experiment reines $NaHCO_3$ und Na_2CO_3) bedingte Salinität bis zu etwa 26,5‰ (SBV 500). Bemerkenswert ist hier, daß die Männchen dieser Art zum ersten Mal in alkalischen Gewässern (Nordamerika) entdeckt wurden (DOBBIN 1941) und auch in Europa nur von den alkalischen Lacken des Seewinkels (LÖFFLER 1959a) und aus dem Dojran-See (Mazedonien) bekannt sind (PETKOVSKI 1959), der einen pH-Wert bis zu 8,8 haben kann (STANKOVIC 1931).

Der überwiegende Teil aller halophilen, halobionten Formen und euryhalinen Limnobien 1., 2. und 3. Grades (—3‰, —8‰, -polyhalin) dürfte euryion sein, was allerdings nicht heißen soll, daß die oberen Toleranzgrenzen für verschiedene Ionen (in diesem Zusammenhang vor allem Anionen) bei gleichen Konzentrationen liegen. Fast regelmäßig werden z. B. Sulfate in weitaus höheren Konzentrationen ertragen als Chloride und Carbonate (etwa von *Artemia salina*, die in Sulfatgewässern bis zu einer Salinität von fast 40% vorkommt), doch sind bis heute keine Sulfat- oder auch Boratspezialisten unter den Crustaceen bekannt.

Zwei physiologisch verschieden gearteten Gruppen dürften einerseits die Chlorid–Sulfat–Wasser-Bewohner, andererseits die Alkalicarbonat(-bicarbonat)-Bewohner zugehören. So geht etwa *Artemia salina* in reinen Carbonat-(Bicarbonat) Wässern zugrunde, während umgekehrt *Diaptomus spinosus* erhöhte Chloridwerte nicht zu vertragen scheint, wie vorläufige Untersuchungen ergaben. Für Chloridwässer stenoione Formen, die in Sulfatwässern eindeutig ausfallen, sind derzeit nicht bekannt.

Endlich ist in der oben angeführten Liste nicht zu übersehen, daß sowohl unter den Cladoceren als auch unter den Copepoden, abgesehen von den eindeutig halophilen Gattungen, systematische Einheiten im Gattungs- oder Untergattungsrang vielfach höhere Salztoleranzen zeigen als die nächstverwandten Gruppen: so etwa ist fast die gesamte Gattung *Metacyclops* auch in wenigstens schwach salzigen Gewässern anzutreffen und die sich wahrscheinlich von ihr herleitende Gattung *Apocyclops* ist überhaupt halophil, wenn nicht halobiont. Ähnliches gilt von den Cteno-Daphnien, von denen mir nur für *D. dolichocephala* keine entsprechenden Daten bekannt sind.

[1]) Kommt nach neuesten Ergebnissen auch im Süßwasser vor.

Wie Abb. 10 erkennen läßt, ist die Grenze zwischen meso- und euhalin ebenso wenig wie die Grenze zwischen eu- und polyhalin durch eine deutliche Artenzähländerung markiert. Aus dem Salinitätsbereich von 35‰, der Meereskonzentration entsprechend, aufwärts bis zur derzeit bekannten höchsten Toleranzgrenze von etwa 400‰ sind für salinare Binnengewässer bis jetzt 22 Entomostraken registriert, von denen 17 Arten als fast ausschließliche Bewohner salinarer Binnengewässer gelten können. Eine weitere Art (*Schizopera neglecta*) ist für das Kaspigebiet beschrieben, 4 weitere Formen kommen auch oder vorwiegend im marinen Bereich vor. Ein deutlicher Abfall der Artenzahl ist bei Salinität von etwa 1‰ zu registrieren, dem somit am besten geeigneten oberen Grenzwert für „Süßwasser" in limnologischer Sicht. Daß er auch für andere Gruppen bei 1‰ oder gar noch höher liegt, geht aus den Studien von Kahl (1933) und Remane (1934) hervor, der dem Brackwasser überhaupt die Region zwischen 3 und 15‰ zuweisen möchte.

Das Artenzahl-Salinitäts-Diagramm läßt einen gleichmäßigen Kurvenzug erkennen, der sich der Hyperbelform nähert, nirgends einen deutlichen Sprung erkennen läßt und gewissermaßen Resultierende der drei übrigen Artenzahl-Anionenkonzentrations-Diagramme ist.

Das Artenzahl-Chlorinitätsdiagramm zeigt deutlich steileren Abfall der Artenzahl, doch dürfte der Ausfall von Chloriden, soweit er in natürlichen Gewässern überhaupt gegeben sein kann (minimale Werte von 0,1 lmg sind bekannt) keine Reduktion der Artenzahl zur Folge haben, wir dies im hyperlimnischen Bereich der Fall zu sein scheint.

Noch steiler ist der Artenzahlabfall im Artenzahl-SBV-Diagramm, dessen Verlauf im unteren Konzentrationsbereich noch kaum festzulegen ist, da vor allem die Erdalkalicarbonatwerte mit berücksichtigt werden müßten. Oberhalb einer Carbonat-Salinität von 10‰ sind bisher nur ganz wenige Arten bekannt (fast 30 Arten dagegen bei Chlorinität von 10‰, fast 60 bei Gesamtsalinität 10‰). Den Verlauf der entsprechenden Kurve im Artenzahl-Sulfatkonzentrationsdiagramm endlich hat man sich hingegen noch flacher als im Artenzahl-Salinitätsdiagramm vorzustellen. Mangels genügender Daten mußte auf diese Darstellung verzichtet werden, ebenso wie auch die verschiedenen Kombinationstypen (etwa Artenzahl-$MgCl_2$-Diagramm) nicht berücksichtigt werden konnten.

Werden in Zukunft auch noch zahlreiche Daten die Steilheit ddr fraglichen Kurven betonen oder abschächen, so ist doch keine Änderung des prinzipiellen Verlaufs zu erwarten. Schaubilder aber, die sich auf die jeweils optimalen Konzentrationsstufen der einzelnen Arten beziehen, können nur auf Grund geeigneter physiologischer Daten erstellt werden.

12. Zur Frage der Beziehung salinarer Binnengewässer zum marinen Brackwasser

Im vorangegangenen Abschnitt konnte die Salztoleranz einiger Entomostraken behandelt werden, wobei schon an anderer Stelle (Löffler 1959) hervorgehoben wurde, daß es neben euryionalen Typen auch stenoionale Formen gibt, wie etwa die „natronophilen" Arten, die in Sodawässern dominieren.

Grundsätzlich erhebt sich nun die Frage, wieweit salinare Binnengewässer mit marinen Brackwässern gleicher Konzentrations- besser gleicher Salinitätsstufen miteinander vergleichbar sind und ob salinare Binnengewässer unterhalb der Meereskonzentration ebenfalls als „Brackwässer" bezeichnet werden sollen oder es nicht doch besser ist, sie als eigenen hygrischen Biotop zu kennzeichnen.

Diese Frage kann zunächst von der physiographischen Seite her angeschnitten werden, doch besteht hier keine Möglichkeit, marine und Binnensalzgewässer der Brackwasserstufe etwa nach ionaler Zusammensetzung zu trennen, da sowohl im marinen Bereich deutlich athalassohaline Typen vorliegen (Schwarzes Meer, Kaspimeer, Aralsee) wie auch umgekehrt unter den salinaren Binnengewässern thalassohaline Seen durchaus nicht selten sein dürften (vgl. Löffler 1956). Wohl scheint ein Großteil der Binnensalzwässer durch Armut an Spurenelementen ausgezeichnet zu sein (Derkosch & Löffler, 1961), doch können die salinaren Binnenwässer auch dann höchstens teilweise negativ gekennzeichnet werden. Somit ist auch die Definition Redekes (1933), daß Brackwasser ein Gemisch von Süßwasser mit Meerwasser s. str. sei, sicher zu eng gefaßt und gilt weder für die schon erwähnten Binnenmeere noch für viele Lagunen und Flußmündungen (Ästuarien), wenngleich auch nicht bestritten werden kann, daß durch die Süßwasserkomponente schon eine häufige, mögliche Änderung der ionalen Zusammensetzung zugunsten der Carbonate und des Calciums zum Ausdruck gebracht wird. Denn nachdem für das Süßwasser jüngst ein Salinitätsbereich bis zu 0,5‰ bestätigt wurde (1958), sind schon deshalb in Mündungsgebieten Verschiebungen in der ionalen Zusammensetzung zu erwarten.

Schmitz (1959) argumentiert nicht zuletzt mit diesem Mangel physiographischer Unterscheidungsmerkmale, wenn er fordert, sämtliche Gewässer, deren Salzkonzentration zwischen der des reinen Meerwassers und jener des reinen (?) Süßwassers liegt, als Brackwässer zu bezeichnen. Die genannte Arbeit gipfelt schließlich in der Behauptung, daß für die Differenz der biologischen Besiedlungsverhältnisse in marinen und binnenländischen Brackwässern sicher nicht die ionale Zusammensetzung entscheidend sei, sondern hauptsächlich verbreitungshistorische Faktoren. Dies ist zweifellos nicht richtig, da ja wohl die wenigsten Organismen aus marinen Brackwässern etwa in Sodaseen leben oder auch nur stark erhöhte Alkalicarbonatkonzentrationen ertragen könnten, die im marinen Bereich naturgemäß nicht auftreten. Daß in Kaspi- und Aralsee noch eine Reihe mariner Brackwasserformen existiert, beweist ja noch nicht, daß sie damit auch schon euryional wären. Im folgenden wird also zu untersuchen sein, ob nicht doch eine Abgrenzung salinarer Binnengewässer auf Grund der Besiedlungsverhältnisse möglich ist und zwar möchte ich mich dabei in erster Linie auf die Entomostrakenfauna beschränken, über die derzeit noch die meisten Daten vorliegen, vor allem was jene Formen anbelangt, die hauptsächlich oder nur aus salinaren Binnengewässern bekannt sind.

Auf Grund der Besiedlungsverhältnisse ist schon mehrmals für oder gegen die Einbeziehung entsprechend konzentrierter salinarer Binnengewässer in die allgemein übliche Brackwasserreihe Stellung genommen worden: Brehm (1930), Redeke (1933), jüngst auch Caspers (1959) sind so der Ansicht, den salinaren Binnengewässern eine Sonderstellung zuzuerkennen, während Remane (1934, u. a. auch 1958) sich dagegen für eine Auffassung der Salzbinnengewässer als „marine Oasen" ausspricht und früher auch der Meinung war (1934), daß die Existenz spezifischer Binnensalztiere überhaupt fraglich sei. Diese Auffassung hat der Autor (1958) allerdings unter dem Hinweis auf halophile und halobionte Anostraken salinarer Binnenwässer revidiert. Beide Behauptungen sind letzten Endes auch zumindest unglücklich formuliert, ja weitgehend unrichtig, wie nun im folgenden zu zeigen sein wird.

Zunächst können hier aus dem vorangegangenen Kapitel folgende Ergebnisse zusammengefaßt werden:

1. Die bekannte Artenzahlkurve nach Remane für die Salinitätsreihe, mit dem charakteristischen Minimum zwischen 5 und 8‰ gilt nur dann, wenn man den

gesamten hygrischen Lebensraum oder aber einen in den marinen Bereich kontinuierlich übergehenden Süßwasserbiotop betrachtet, der diese gesamte Konzentrationsskala einschließt. Die gleich Kurve, angewandt auf Binnengewässer hat einen völlig anderen Verlauf, wie Abb. 10 zeigt: eine ständige Abnahme ist hier vom süßen gegen den hyperhalinen Bereich zu beobachten, die Zahl der Formen, auf die „Brackwasserstufe" beschränkt ist sehr gering, wenn man die optimalen Konzentrationen in Betracht zieht, streng auf diesen Bereich angewiesene Arten fehlen.

2. Die Untergliederung des Brackwasserbereiches ist für salinare Binnengewässer überhaupt nur dort möglich, wo es sich um thalassohaline Typen handelt, nicht aber z. B. für Sulfat- oder gar Carbonat-(Bicarbonat-)wässer, entsprechend u. a. den abweichenden osmotischen Verhältnissen.

3. Die Grenze zwischen Mixo- und Euhalinicum ist für binnenländische Salzwässer ohne jegliche ökologische Bedeutung, euhaline Binnenwässer, auch wenn sie thalassohalin sind, können keineswegs als Entsprechungen des gleich stark konzentrierten marinen Bereichs aufgefaßt werden.

4. Die obere Grenze für Süßwasser ist zumindest in limnologischer Sicht viel besser bei 1‰ festzusetzen, soweit es sich nicht um reine Sodawässer handelt.

So wie das marine Brackwasser zunächst negativ gegenüber dem Meer gekennzeichnet werden kann, sind auch die salinaren Binnengewässer gegenüber dem Brackwasser durch einen Ausfall von Arten dieses Brackwassers charakterisiert. Dies hängt hauptsächlich, wenn auch keineswegs ausschließlich, mit der ungünstigen Ausbreitungsökologie des überwiegenden marinen Formenschatzes zusammen, demgegenüber die Binnenwasserarten zum größten Teil durch transportable Dauerstadien ausgerüstet sind. (Fütterungsversuche mit *Daphnia*-Ephippien, die an Enten verabreicht wurden, lassen erkennen, daß diese Dauerstadien bis zu mehreren Wochen im Darmtrakt verbleiben können, ohne wahrscheinlich ihr Keimvermögen einzubüßen: Versuche darüber sind noch im Gang.) So besteht auch ein mariner Formenschatz in Binnenbecken nur dort, wo eine Kontinuität des Gewässers vom Meeresteil bis zum Reliktsee gewahrt ist, wie dies eben bei Kapsi- und Aralsee der Fall ist. Schmitz (1959) versucht nun gerade mit diesem marinen Artbestand in den genannten Gewässern zu beweisen, daß Brackwasserformen durchaus nicht an thalassohaline Bedingungen gebunden sein müssen, ohne dabei zu bedenken, daß wenigstens 60% der Kaspifauna endemisch, unter Hinzuziehung jener Formen, die außerhalb des Kaspimeeres in Aralsee, Asowmeer und Schwarzem Meer vorkommen, sogar 93 bis 96% endemisch sind (Zenkevich 1957). Gerade bei einem solchen endemischen Formenkreis nun kann der Großteil ebenso gut an die veränderte ionale Zusammensetzung angepaßt sein, womit sich auch leicht behaupten ließe, daß gerade die Existenz dieser Formen ein Argument für den Einfluß der ständig fortschreitenden Abweichung ionaler Zusammensetzung ist. Doch soll gar nicht bestritten werden, daß unter den marinen Brackwasserformen auch euryionale Typen existieren, obwohl darüber zur Zeit noch wenig bekannt ist.

In erster Linie wird nun festzustellen sein, ob und wieviele für salinare Binnengewässer eigentümliche Arten vorkommen bzw. ob nicht auch unter jenen Binnenwasserformen, die auch von Küstengebieten bekannt sind, wenigstens ein Teil salinare Binnengewässer deutlich bevorzugt.

Einwandfrei auf Binnengewässer beschränkt ist vor allem jene Artengruppe, die als natronophil bezeichnet werden kann und wozu u. a. *Arthrospira platensis* (*Cyanophyta*), *Hexarthra jenkinae*, *H. fennica medica*, *Brachionus novae-zelandiae hungaricus*, *Lovenula africana*, *Metadiaptomus transvaalensis*, *Diaptomus spinosus*, *Cypridopsis*

inaequivalva (?) und *Aedes natronius* zählen. Diese Arten sind zum Teil allerdings stenoion, aber euryhalin und tolerieren außerordentlich hohe Konzentrationen von Alkalibicarbonaten und -carbonaten, wenigstens was *Arthrospira* und *Diaptomus spinosus* anbelangt.

Im Prinzip müßte es für einen Großteil der euryionalen Binnenwasserorganismen auf Grund ihrer günstigen ausbreitungsökologischen Eigenschaften möglich sein, auch die Küstenbrackwässer des marinen Bereichs zu besiedeln. Daß dies in den meisten Fällen (übrigens auch bei euryhalinen Organismen) kaum der Fall ist, läßt darauf schließen, daß wirksame Faktoren, unter denen wohl synökologische, also vor allem Konkurrenz, die Hauptrolle spielen dürften, eine Immigration verhindern. Anders ist es wohl kaum zu erklären, daß derart weit verbreitete Formen, wie z. B. *Cletocamptus retrogressus*, nicht vermocht haben, in den marinen Brackwasserbereich einzudringen. Auch hier wird übrigens wieder die Sonderstellung der physiographisch abweichenden Binnenmeere offenkundig, da viele Formen salinarer Binnengewässer, wenn sie überhaupt in marine Bereiche vorstoßen, es oft ausschließlich hier tun, wie etwa *Metadiaptomus asiaticus*. Umgekehrt kennzeichnen hier noch einige Arten, der Harpacticoida etwa, die marine Beziehung und zwar handelt es sich dabei um Formen, die ausschließlich im marinen Brackwasser und hier vorkommen, wie *Mesochra lilljeborgi* und *M. aestuarii*.

Unter den Formen, die auf salinare Binnengewässer beschränkt sind, nehmen vor allem die Anostraca eine bedeutende Stellung ein, nicht zuletzt deshalb, weil sie vielfach periodisch austrocknende Wasserstellen bevorzugen, die sich besonders innerhalb trockener und warmer Klimazonen befinden, dort also, wo auch die Mehrzahl der salinaren Binnengewässer liegt. *Branchinecta cervantesi* und *B. orientalis* bevorzugen deutlich salzige Gewässer, ohne jedoch so hohe Konzentrationen zu tolerieren wie etwa *Artemia salina*. Auch *Branchinella spinosa* und *Branchinectella media* zählen hierher und unter den Formen arider Gebiete der Südhalbkugel dürften gleichfalls halophile, wenn nicht gar halobionte Arten anzutreffen sein (Arten der australischen Gattung *Parartemia*?). (Remane (1958) führt eine angeblich von Linder (1941) mitgeteilte Art *Branchinella media* (= *B. spinosa* M. Edwards) an, die dort gar nicht existiert. Ebenso ist in der von Remane zitierten Arbeit nur *Branchinectella media*, nicht aber die eingezogene Art *B. salina* (= *B. media*) erwähnt.) Von den Conchostracen, die vor allem von Daday (1915—1926) bearbeitet wurden, sind nicht allzuviele ökologische Daten bekannt. Doch dürfte *Eocyzicus orientalis*, sicher *Eocyzicus obliquus*, vielleicht auch *Leptestheria dahalacensis* und noch eine weitere Anzahl der sehr artenreichen Unterordnung zu den ausschließlichen Bewohnern salinarer Binnengewässer gehören. Auch unter den Cladoceren sind mehrere Formen bisher nur von binnenländischen Salzwässern bekannt: *Daphnia similis*, die wohl als halophil bezeichnet werden kann (vgl. Brooks 1957) zählt hierzu, und auch *Daphnia atkinsoni* ist vorwiegend von oligohalinen Fundstellen bekannt. Die Gattungen *Moina* und *Macrothrix*, derzeit systematisch nur sehr unvollkommen bearbeitet, dürften weitere Beispiele liefern, die sich sprunghaft vermehren lassen, wenn auch jene Formen herangezogen werden, die in seltenen Fällen auch Küstengewässer besiedeln (*M. salinarum* z. B.). Die marinen Cladoceren kommen dagegen niemals in salinaren Binnengewässern ohne marine Tradition vor.

Die Copepoden bieten ebenfalls zahlreiche Beispiele für ausschließliche Bewohner salinarer Binnenwässer, wozu nicht nur die bereits zitierten natronophilen Formen gehören, sondern vor allem auch weitere Arten der Gattungen *Lovenula* und *Neolovenula* (*N. alluaudi* ist allerdings auch von portugiesischen Küstenlagunen be-

kannt). Ebenso ist *Boeckella poopoensis* Binnensalzwasserform Südamerikas, die allerdings bis zu 61‰ (S) bekannt ist (Löffler 1955). Viele *Diaptomus*-Arten endlich zählen hierher: u. a. *Metadiaptomus asiaticus*, vielleicht auch *Phyllodiaptomus blanci* und *D. incrassatus*, der auch vom Aralsee bekannt ist. Sicher gehören noch zahlreiche Arten, vor allem aus subtropischen Gebieten dazu, doch sind ökologische Angaben nur spärlich. In gleicher Weise liegen auch nur wenige Berichte aus Nordamerika vor, von wo besonders *D. nevadensis* (Wilson 1958) als Bewohner salinarer Binnengewässer bekannt ist. Nur wenige halophile *Diaptomus*-Arten treten auch vereinzelt im marinen Brackwasserbereich auf, wie etwa *D. salinus*, der aus der Camargue und aus dem Kaspimeer bekannt ist, dort allerdings nur aus höher konzentrierten Buchten. Diese Art toleriert Chloridgehalte bis zu etwa 20 lg, dürfte aber ihr Optimum zwischen Konzentrationen von 5 und 10 lg haben (Löffler 1959b). Die spärlichen Funde dieser Art im marinen Bereich führen, wie auch die dargestellten Beispiele ausschließlicher Bewohner salinarer Binnengewässer, deutlich vor Augen, daß die Behauptung bei Schmitz (1959), wonach Süßwasserorganismen, die mehr oder weniger euryhalin sind, in der Regel ins binnenländische Brackwasser in demselben Maße einzudringen vermögen, wie ihnen dies im marinen Bereich gelingt, zumindest keine Regel ist, bei Entomostraken aber fast überhaupt nicht zutrifft, wie auch noch im folgenden gezeigt werden kann. Auch hier gilt übrigens wieder wie bei den Cladoceren die Regel, daß Calaniden mariner Herkunft, und genuine Brackwassercalaniden, wie etwa *Eurytemora velox* (bei Schmitz fälschlich als Art limnischer Herkunft bezeichnet) *Calanipeda aquaeduleis* fast nie in salinare Binnenwässer ohne marine Tradition immigrieren.

Unter den Cyclopiden ist die Gattung *Halicyclops* (Lindberg 1957, Wilson 1958) deshalb von Interesse, weil mit Ausnahme der Art *H. sinensis* sämtliche Arten fast ausschließlich marinem Brackwasser angehören. *H. alicyclops sarsi* Akatova ist eine endemische Form des Kaspimeeres, wo nur noch die Art *H. neglectus* vorkommt. Daß es den Arten im Prinzip möglich ist, passiv verschleppt zu werden, beweist der oben angeführte Fund von *H. spinifer* Kiefer im Lut-Gebiet. Doch bevorzugen die Arten, wahrscheinlich auch aus Konkurrenzgründen, deutlich marines Brackwasser, so daß sie ein weiteres gutes Beispiel für verschiedenartige Besiedlung von marinem Brackwasser und salinaren Binnengewässern liefern.

Die wenigen halophilen *Cyclops*-Arten, *Diacyclops bisetosus* und *D. bicuspidatus* (mit der Unterart *odessanus*) vor allem, sind auch in hohem Maß euryional und überhaupt sehr anpassungsfähig. Beide Arten sind auch aus dem marinen Brackwasser bekannt, aber bei weitem nicht in dem Ausmaß wie in salinaren Binnengewässern. Ähnliches dürfte für die polythermen *Apocyclops*-Arten (*A. degizicus* und *A. panamensis*) gelten, die bisher allerdings vorwiegend aus salinaren Binnengewässern bekannt sind (*A. dengizicus* nur im Suezkanal-Gebiet, Gurney 1927).

Auch unter den Harpacticiden finden sich ausschließliche Bewohner salinarer Binnengewässer, wozu neben *Cletocamptus retrogressus* u. a. etwa auch *Nitocrella stammeri* gehört. Ähnlich wie bei den Calaniden und Cyclopiden gibt es aber auch hier zahlreiche Arten, die zwar den marinen Bereich nicht meiden, aber vorwiegend in salzigen Binnenwässern auftreten, etwa *Cletocamptus confluens* und *Limnocletodes behningi*, wenn Kaspi- und Aralsee als mariner Bereich angesehen werden, wie auch umgekehrt eine Artengruppe besteht, die nur ausnahmsweise in salinare Binnenwässer eindringt: *Mesochra xenopoda*, *Nitocra typica* und *Nannopus palustris*, um nur einige zu nennen. Im ersten Fall dürfte es sich um eine euryhalin-marine Art handeln (vgl. Schmitz 1959!). Auch für die Harpacticoida läßt sich somit eine deut-

liche Gliederung der beiden Salzwasserbiotope festhalten, zumindest können Leitformen für beide Bezirke definiert werden. Deutlich wird hier wieder die Sonderstellung von Kaspi- und Aralmeer, da dort neben endemischen Arten (etwa der Gattung *Schizopera*, die übrigens noch weitere Beispiele für ausschließliche Bewohner salinarer Binnengewässer liefert) am ehesten marine wie auch salinare Binnenwasser-Formen nebeneinander bestehen können. Derzeit kann man mit mindestens 60 ausschließlich marinen Brackwasserformen rechnen, während kaum ein Drittel dieser Artenzahl im salzigen Binnenwasser anzutreffen ist, worunter vielfach ausschließliche Binnensalzwasser-Arten sind. Die Behauptung von SCHMITZ (1959, zit. nach REMANE 1958) allerdings, wonach Harpacticiden limnischer Herkunft im marinen Brackwasser mit Ausnahme subterraner Arten keine Rolle spielen, ist nicht ganz richtig, da u. a. schon die Arbeit, auf die sich der Autor beruft (NOODT 1956), eher eine Reihe von Fakten bringt, die zeigen, daß im oligohalinen Bereich marinen Brackwassers *Attheyella*- und *Bryocamptus*-Arten existieren können, ganz abgesehen davon, daß die Herkunft der Gattung *Cletocamptus* nicht unwahrscheinlich eine limnische ist (diese Frage ist im übrigen auch für eine Reihe anderer Gattungen durchaus noch nicht geklärt). Doch stimmt es, daß die Binnenwasserformen niemals in den Vordergrund rücken oder gar Leitformen für marines Brackwasser liefern. Ebenso finden sich aber, wieder im Gegensatz zu SCHMITZ (1959), auch Süßwasserformen in nicht zu geringer Zahl in salinaren Binnengewässern, so *Canthocamptus staphylinus* bis zu einem SBV von 20,4, *Attheyella crassa* u. a. und einige *Cletocamptus*-Arten auch in chloridischen Gewässern.

Viel zu wenig ist derzeit noch über die Salzwasser-Ostrakoden bekannt, um hier in gleicher Weise verfahren zu können wie bei den vorangegangenen Gruppen. Doch zeichnen sich auch hier deutliche Unterschiede der beiden Salzwasserbiotope ab. So dürften sich unter den *Heterocypris*-Arten Formen befinden, die auf salinare Binnengewässer beschränkt sind (*H. barbara*), und gleichermaßen zeichnen sich unter den Angehörigen der Gattung *Potamocypris* (*arcuata* ?) solche Formen ab. *Eucypris inflata* ist ebenso wie *Eu. inflata mongolica* hauptsächlich auf Binnengewässer beschränkt (erstere allerdings im hyperhalinen Bereich). Viele euryhaline Ostracoden kommen sowohl in salinaren Binnenwässern als auch im marinen Brackwasserbereich vor, doch viel seltener als in ersteren (etwa *Heterocypris salina*, *Herpetocypris chevreuxi*, *Candona candida* u. a.). Zu den euryionalen Arten muß *Limnocythere inopinata* gerechnet werden, bisher ausschließlich von Natrongewässern ist *Cypridopsis inaequivalva* bekannt. Auch marine Gattungen sind im Gegensatz zur Behauptung von SCHMITZ (1959) in salinaren Binnengewässern vertreten, ja einige Arten darunter sind bisher ausschließlich von salzigen Binnenwässern bekannt (*Cythere triangulata*, *Leptocythere cribrosa*, *Loxoconcha gauthieri* etc.). Außer Zweifel steht jedoch, daß im marinen Brackwasserbereich unvergleichlich mehr Formen als in salinaren Binnengewässern vorkommen, wovon einige deutlich limnischer Herkunft sind (z. B. *Cypris bispinosa*).

Zusammenfassend läßt sich also die Behauptung aufstellen (sie könnte auch für weitere Gruppen, vor allem Insekten erbracht werden (so sind z. B. von den nearktischen Ephydriden 5 auf salinare Binnenwässer, 4 auf marine Bereiche beschränkt, 6 Arten kommen an sämtlichen Salzwässern vor: STURTEVANT & WHEELER 1953), daß sich salinare Binnengewässer und marines Brackwasser schon durch die Besiedlungsverhältnisse deutlich unterscheiden lassen. Während im binnenländischen Salzwasser Entomostraken hauptsächlich von Süßwassergruppen abgeleitet werden können, sind die marinen Brackwässer von einer überwältigenden Fülle thalassogener

Formen besiedelt, wobei die genuinen Brackwasserorganismen eine Sonderstellung einnehmen.

Als Ursache dieser Verschiedenheit der beiden Salzwasserbiotope kann zunächst, was die negative Kennzeichnung der Binnensalzwasser anbelangt, die ungünstigere Ausbreitungsökologie der meisten marinen Organismen hervorgehoben werden: der Mangel an Dauerstadien und an passiv verschleppbaren Eiern oder Zysten sichert hier eine Existenz nur in kontinuierlichen Lebensräumen ohne fallweise zeitliche oder gar räumliche Diskontinuität. Wie einige Beispiele gezeigt haben, wie vor allem aber auch die Häufungen gewisser Arten einmal in diesem, einmal in jenem Salzwasserbereich vor Augen führen, dürfte interspezifische Konkurrenz oder Konkurrenz überhaupt ein starkes Regulativ für die Verschiedenartigkeit der Besiedlung beider Lebensräume sein. Diese mag auch vor allem in den salinaren Binnengewässern durch abweichende ionale Zusammensetzung zugunsten euryionaler Typen gefördert werden, die dort am erfolgreichsten sein müssen.

Die athalassohaline Zusammensetzung der meisten salinaren Binnenwässer dürfte also hier mit von maßgeblicher Bedeutung sein, wie dies für die Natrongewässer eindeutig nachgewiesen ist. Aber auch dort, wo im marinen Bereich Abweichungen bestehen, ist die Besiedlung stark abgeändert. Sinnlos, ja sogar falsch wäre es, auf athalassohaline Typen (etwa Sulfatgewässer) die nunmehr übliche Gliederung der Brackwässer: Mixo-(oligo-, meso-, polyhalin) anzuwenden. Es scheint nach allem auch wenig opportun, den Rahmen des besiedlungsmäßig gut abgegrenzten und klar gekennzeichneten Brackwasserbereiches durch Einbeziehung der völlig anders gearteten salinaren Binnengewässer zu sprengen. Kaspimeer und Aralsee würden dann zwischen Brackwasser und salinaren Binnenwässern eine Sonderstellung einnehmen: beide besitzen noch marine Tradition und als thalassogene Lebensräume einen Formenschatz, der zwar deutliche Beziehungen zum Meere erkennen läßt, aber weitgehend zugunsten von Endemismen abgewandelt erscheint. Die fortschreitende Veränderung der physiographischen Eigenschaften in Richtung auf athalassohaline Typen hin findet ihren Ausdruck nicht nur in einer negativen Kennzeichnung gegenüber marinem Brackwasser, sondern auch in einer zunehmenden Besiedlung durch Limnobien. Keinesfalls können die im aralo-kaspischen Gebiet vorhandenen endemischen Formen als ein Argument für die Bedeutungslosigkeit abweichender ionaler Zusammensetzung gewertet werden. Somit wären zu unterscheiden:

1. Brackwässer in ständiger oder fluktuierend räumlicher Kontinuität mit dem marinen Lebensraum
2. Thalassogene Binnenmeere (-seen) mit einer stark endemisch betonten Fauna
3. Salinare Binnenwässer.

Nur für erstere würde man streng genommen die Gliederung in mehrere empirisch festgelegte und damit ökologisch signifikante Konzentrationsstufen Gültigkeit haben: ihre Anwendung auf die zweite Gruppe ist schon nicht mehr konsequent. Eine Unterteilung der salinaren Binnengewässer sollte dagegen weniger in quantitativer als vielmehr qualitativer Hinsicht in Chlorid-, Sulfat- und Bi-(Mono-)Carbonatgewässer erfolgen, wobei es sich vielleicht auch noch als nötig erweisen wird, kationale Gliederungen vorzunehmen.[1])

[1]) Wie dies auch von Gessner in „Hydrobotanik II" durchgeführt wird.

13. Systematischer Anhang (Neue Art: *Cletocamptus gabrieli*)

Eocyzicus orientalis DADAY

Von dieser Art liegen aus dem Hamun-See bei Gawdar Männchen und Weibchen vor, die im allgemeinen gute Übereinstimmung mit den Zeichnungen bei DADAY (1915) zeigen. Doch stellte sich heraus, daß die Weibchen ein Postabdomen besitzen, das mit jenem der bei DADAY abgebildeten Männchen gut vergleichbar ist, während die Männchen gröbere Zähne am Körperende besitzen. Da nun bei allen übrigen Arten der Gattung immer die Männchen gröbere Telsonzähne als die Weibchen haben, möchte ich hier mit Sicherheit annehmen, daß DADAY die beiden Geschlechter verwechselt hat. Möglicherweise besteht hier auch eine gewisse Variabilität in der Zähnung. Die Art wurde bereits 1898 von ZARUDNIJ in Ost-Chorassan gesammelt und scheint, wenigstens nach den bisherigen Funden von Mai bis August (China, Chaptagaj-toora, 8. VIII.) aufzutreten. Auch aus dem benachbarten Turkestan und Transkaukasien (SMIRNOV 1936) ist die Art bekannt. Auch *Leptestheria dahalacensis* RÜPPEL, die sich in Proben aus Aserbaidschan fand, wurde bereits aus dem benachbarten Transkaukasien von SMIRNOV angeführt. GURNEY (1921a) gibt für Seistan außerdem *Leptestheria tenuis* SARS an. Für Iran sind noch folgende Conchostracen zu erwarten, die aus den nördlichen angrenzenden Gebieten gemeldet sind: *Eulimnadia azerbaidshanica* SMIRNOV und *Leptestheria rotundirostris* DADAY. Aus Irak wurde außerdem *Cyzicus lofti* (BAIRD), aus Balutchistan *Eocyzicus zugmayeri* DADAY beschrieben.

Daphnia similis CLAUS

Aus dem Hos in Zabol vor allem stammen zahlreiche Individuen von einer *Daphnia*, die gut mit den Zeichnungen bei BREHM (1914) übereinstimmt und dort als *D. carinata* beschrieben ist. BROOKS (1957) hat nun bekanntlich zeigen können, daß *D. carinata* auf Australien beschränkt ist, BREHMs Tiere aber nichts anderes als *D. similis* sind. Damit in Widerspruch steht nun die Diagnose bei BROOKS, wo es heißt, daß der Kopfschild niemals Helmbildungen produziert: dies ist aber nun ganz einwandfrei bei den Tieren aus Zabol der Fall und nicht undeutlich auch bei jenen, die BREHM darstellt, obwohl BROOKS gerade auch auf diese Zeichnungen eingeht. Der atypische Kopfkiel ist allerdings bei den Zabol-Individuen noch viel stärker ausgebildet. Juvenile Individuen aus dem Hamun-See gehören sehr wahrscheinlich ebenfalls dieser Art zu, die in Iran weit verbreitet sein dürfte, aber bisher erst aus dem „Gärmsir" und der darüber liegenden subtropischen Klimastufe bekannt ist. Neben den bereits aus Iran noch bekannten Ctenodaphnien (*magna* und *atkinsoni*) ist auch *D. lumholtzi* zu erwarten, die sowohl aus Transkaspien als auch aus Irak beschrieben wurde.

Die Gattung Moina

Wie in allen warmen Ländern, tritt auch in Iran die Gattung *Moina* besonders stark in Erscheinung und dürfte, wie Mitte Mai gefundene Ephippialweibchen erkennen lassen, in manchen Gebieten des Landes wohl auch den größten Teil des Jahres über in den Gewässern bestehen: der Übergang zur permanenten Existenz in den Tropen selbst. Die *Moina*-Arten selbst sind zum Teil noch immer schwierig zu identifizieren, besonders weil meistens die Männchen in den Proben fehlen: eine umfassende Bearbeitung, basierend auf großem Vergleichsmaterial, wie sie teilweise von GAUTHIER (1955) durchgeführt wurde, kann hier einzig Abhilfe schaffen.

Moina dubia GUERNE & RICH.: *Abb. 11 (10)*

Im Hamun-Gebiet war diese relativ kleine Art — die Weibchen erreichen max. 1 mm Länge — häufig vertreten. Die Zahl der Wimperzähne betrug 5—9. Nur in einer Probe, nämlich jener des Hilmand-Seitenarmes fanden sich auch zwei Ephippialweibchen, die in den Seeproben fehlten. Dort war die hauptsächlich tropisch-subtropisch verbreitete Art in der Probe vom 22. Mai (Baräng) subdominant und nahm nach dem heftigen Sturm auffallend stark ab (25. 5.).

Moina rectirostris LEYDIG

Dies dürfte weitaus die häufigste Art in Iran sein: Bereits vom Guru-göl beschrieben, fand sie sich nun auch im Gebiet von Kerman (Kuh-pajeh, 29.4.) und in dem Gewässer bei Binab (Aserbaidschan).

Moina salinarum GURNEY

Nur im stark salzigen Lulunar war diese Art reichlich vertreten: die dort nicht seltenen Männchen lassen jedoch nur 3 Häkchen an den Antennulae erkennen, die viel kürzer erscheinen als bei *rectirostris*: Abb. (11). Die Art ist sowohl von Korfu (STEPHANIDES 1948) als auch von Vorderasien bekannt, wurde aber wahrscheinlich, besonders wenn Männchen fehlten, häufig mit *rectirostris* verwechselt.

Moina brachiata (JURINE)

In Kleingewässern bei Tahrud und in Bam („Hos") fand sich *M. brachiata* bereits Anfang Mai, in Bam auch mit Ephippialweibchen. Die Art scheint wie fast alle *Moina*-Arten erhöhte Salzgehalte zu tolerieren und Kleingewässer vorzuziehen. Das Verbreitungsgebiet stellt sich derzeit als hauptsächlich subtropisch dar, doch sind Funde in Europa wiederholt gemacht worden (etwa England, HARDING 1958, Österreich, LÖFFLER 1960).

Die Gattung Macrothrix

Macrothrix rosea JURINE: Abb. 11 (*4,7*)

Wie bereits in Südiran (vgl. LÖFFLER 1959b) so fand sich nun auch in Aserbaidschan (See von Malek-kand) *M. rosea*, eine bekanntlich wärmeliebende Form, die auch erhöhte Elektrolytgehalte des Wassers erträgt (LÖFFLER 1959). Die Individuen zeigten alle typischen Merkmale, vor allem auch den kleinen Augenfleck und eine glatte Rückenkontur. Die ersten Antennen sind hier noch länger als bei der folgenden Art

Macrothrix triserialis BRADY: Abb. 11 (*8*), 12 (*7*)
Macrothrix triserialis HARDING 1955, 1957, BREHM 1936
Macrothrix chevreuxi GUERNE & RICH. 1892, JENKIN 1934
Macrothrix triserialis var. chevreuxi STINGELIN 1914.

Nur in dem Gewässer bei Binab (Aserbaidschan) konnte diese in Subtropen und Tropen weit verbreitete Art festgestellt werden. Die Individuen zeigen hier wie bei JENKINS Tieren eine deutliche Reticulation als deren Folge auch die Rückenkontur sehr fein gesägt erscheint. Die Schwanzborsten stehen, ähnlich wie bei *M. rosea* auf einem kaudal vorstehenden Teile des Abdomens, der allerdings nicht so stark entwickelt ist wie bei den Tieren von STINGELIN oder HARDING 1955. Distal an der 1. Antenne

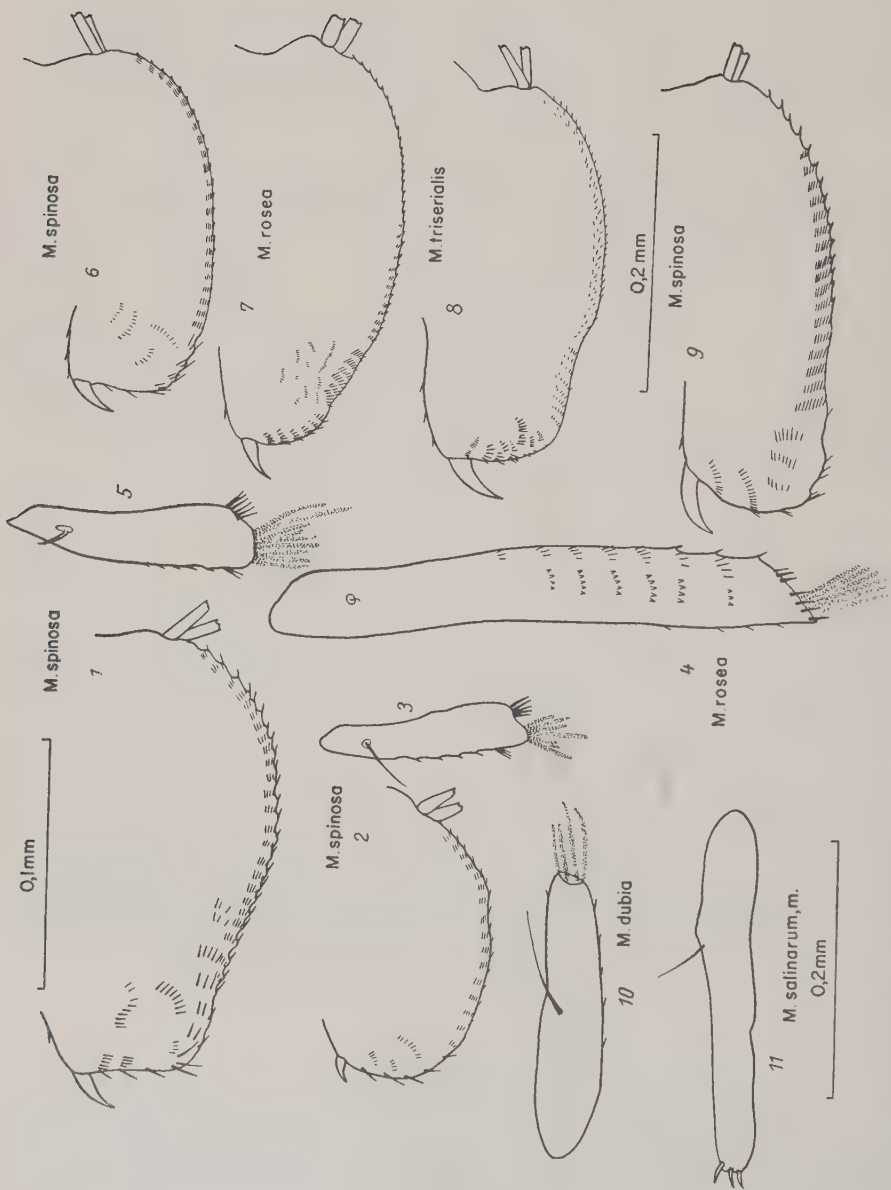


Abb. 11. *1 Macrothrix spinosa* (Famur); *2 Macrothrix spinosa* (Schah-pur-rud); *3 Macrothrix spinosa* (Schah-pur-rud); *4 Macrothrix rosea* (Malek-kand); *5 Macrothrix spinosa* (Famur); *6 Macrothrix spinosa* (Tatawi-Tschai); *7 Macrothrix rosea* (Malek-kand); *8 Macrothrix triserialis* (Binab); *9 Macrothrix spinosa* (Zeribar); *10 Moina dubia* (Hamun-Gebiet); *11 Moina salinarum*, Männchen (Lulunar); *7, 8* und *11* im kleinen Maßstab (schwächere Vergrößerung).

fanden sich nur mit Hilfe der Immersion erkennbare Börstchenreihen und am Ende 2 gröbere Dornen, wie sie auch bei JENKIN dargestellt sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Art in Iran weit verbreitet ist: sie toleriert jedenfalls auch höhere Salzgehalte, wie etwa schon die Fundstellen in Afrika erkennen lassen (JENKIN).

Ob DADAYS *M. magna*, eine Art, die nach dem Autor *chevreuxi* ähnelt, nicht auch zu *triserialis* gehört, müßte untersucht werden. Diese bis über 2 mm messende Art wurde bisher in Patagonien und Turkestan gefunden.

Macrothrix cf. spinosa (KING): Abb. 11 (*1,2,3,5,6,9*), 12 (*8,9*)

Diese Art wurde bereits von HEMSEN (1952) für Iran (Sabzawaran) mit Vorbehalt angegeben und in der Tat ist, wie die Diskussion bei BREHM (1933) zeigt, diese Bestimmung nur mit Vorsicht anzuwenden. So steht *spinosa M. goeldi* (*laticornis* kann hier wegen des recht charakteristischen Postabdomens ausgenommen werden) als weitere Art mit distal verbreiterten Antennulae recht nahe, doch entspricht keine unserer Formen den Zeichnungen bei RICHARD (1897), aber auch nicht HARDING (1957). Zu Unterschieden im Bau der A 1 kommt die geringe Größe, die gegenüber *goeldi* für *spinosa* charakteristisch zu sein scheint: so sind auch die größten Tiere aus dem Zeribar nur 0,54 mm lang (bei HEMSEN 0,55), die übrigen aus Famur, Tatawi und Schah-pur-Tümpel messen teilweise unter 0,4 mm (auch Ephippialweibchen aus dem Tatawi). Die Art scheint außerordentlich variabel zu sein, hat aber in unserem Fall immer reticulierte Schale und gesägten Rückenrand.

Interessant ist, daß drei Autoren, nämlich GURNEY, HENRY und auch SARS von Australien *spinosa* nahe stehende Formen (als *spinosa*) beschreiben, die aber einen glatten Rückenrand haben, so daß es recht nahe liegt, in den australischen Formen eine eigene Art zu vermuten.[1])

Auch *spinosa* zeichnet sich wiederum durch Toleranz gegenüber höheren Salzkonzentrationen aus (Famur!) und dürfte ebenfalls hauptsächlich in tropisch-subtropischem Gebiet verbreitet sein.

Macrothrix hirsuticornis O. F. M.

Vom Stausee Kuh-räng wurden irrtümlich die dort häufigen Tiere als „*laticornis*" bezeichnet (LÖFFLER 1959b). Das Vorkommen dieser Art in den kühlen Hochgebirgsgewässern an der Südgrenze des Verbreitungsgebietes hebt schon LILLJEBORG hervor, der Funde für Hochgebirgsgewässer Kaukasiens anführt. Allerdings ist gerade diese Form in unseren Zonen häufig während des Sommers anzutreffen (vgl. LÖFFLER 1959), möglicherweise fällt aber die Fortpflanzungszeit hauptsächlich in die kühleren Monate, worüber noch nichts bekannt ist. *M. hirsuticornis* toleriert ebenfalls höhere Salzkonzentrationen.

Die Gattung Alona (vgl. auch *Oxyurella*)

Nur zwei Arten vom großen Formenschatz dieser Gattung fanden sich in den Proben, was nicht zuletzt darauf zurückzuführen ist, daß ein Teil der Alonen alkalische und salzige Gewässer, also die vorwiegenden Binnenwasserbiotope Irans meidet. *Alona rectangula* SARS: Abb. 12 (*1, 2, 4, 6*), aus Iran bereits mehrfach bekannt, fand

[1]) Trifft dies zu, dann müßte der Name *spinosa* für die australischen Tiere reserviert werden, da KING ihn ja auf Grund solcher aufstellte und die reticulierten Formen wären dann neu zu beschreiben.

sich vor allem auch in den stärker alkalischen und salzigen Gewässern, wie dem See bei Malek-kand und den Wasseransammlungen bei Tahrud, bei Isfahan (Kuh-pajeh), im Gebiet von Kuh-pajeh bei Kerman und in Schah-dad.

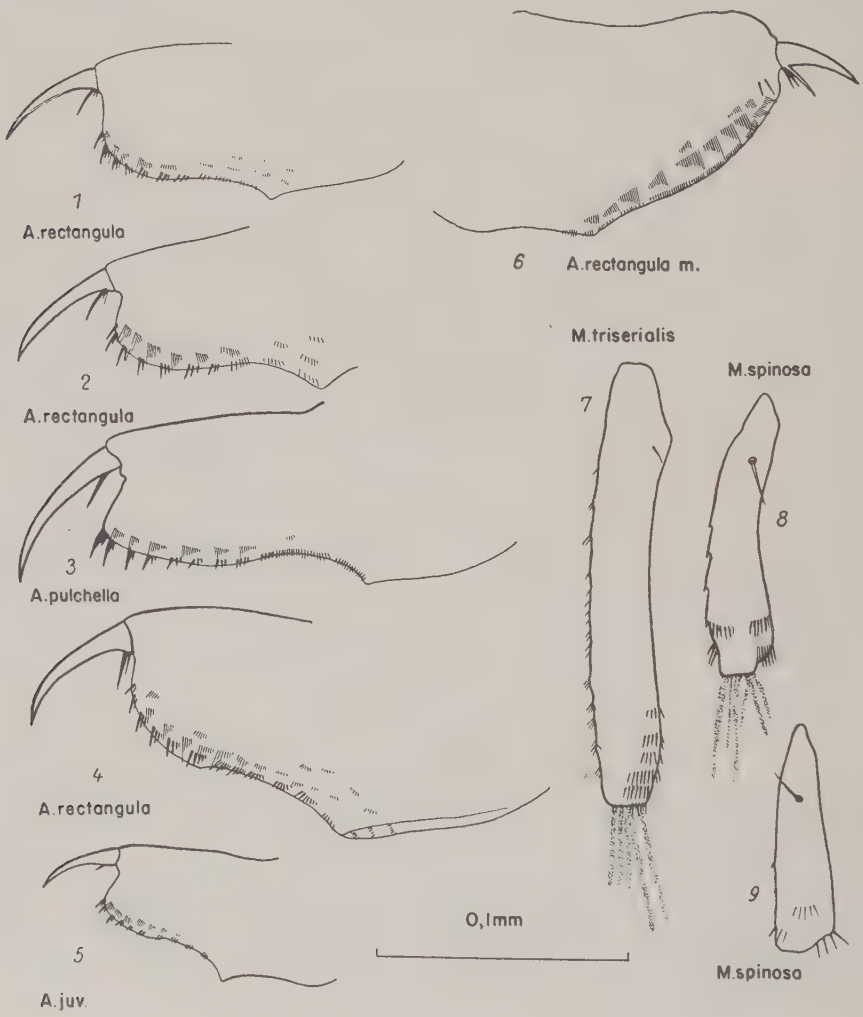


Abb. 12. *1 Alona rectangula* (See v. Malek-kand); *2 Alona rectangula* (Tatawi-Tschai); *3 Alona pulchella* (Tatawi-Tschai); *4 Alona rectangula*, atypisch (Tahrud); *5 Alona pulchella?*, juv. (Hamunsee); *6 Alona rectangula*, Männchen (Kuh-pajeh, Kerman); *7 Macrothrix triserialis* (Binab); *8 Macrothrix spinosa* (Zeribar); *9 Macrothrix spinosa* (Tatawi).

Alona pulchella KING: Abb. 12 (*3,5*)

Diese jüngst von HARDING (1957) mit *A. camboui* GURNEY synonym erklärte Art scheint in Iran weit verbreitet zu sein, wie nach den bisherigen Funden u. a. in Indien und Palästina auch zu erwarten war. Sie ist außerordentlich variabel

(vgl. u. a. Delachaux 1919, Jenkin 1934, Brehm 1933, Harding 1955 u. 1957). Die Tiere des Iran hatten fast immer eine granulierte Schalenoberfläche (die Individuen vom Zeribar zeigten außerdem eine schwache Reticulation) und drei kurze Börstchen am Vorderrand der Antennulae. Das Postabdomen (Abb. 12) ist, wie bereits mehrfach von anderen Autoren hervorgehoben, in seiner Ausbildung sehr unterschiedlich, wodurch dessen systematischer Wert stark herabgesetzt ist. Möglicherweise wird die Alonensystematik durch die von Frey (1959) ausgewerteten Kopfschalenporen in Zukunft an größerer Sicherheit gewinnen. Die Fundorte Hamun (?, 1 juv.), Zeribar und Tatawi (letztere beiden während des Hochsommers) lassen eher auf eine Verbreitung in den warmen Zonen Irans schließen.

Cypria lacustris G. O. Sars

In den Proben aus dem Zeribar-See und einem benachbarten Tümpel fand sich eine *Cypria*, die ich zunächst für *C. ophthalmica* hielt. Herr Petkovski (Skopje) machte mich aufmerksam, daß hier jedoch *C. lacustris* vorliegen müsse, und eine Überprüfung der Art zeigte tatsächlich, daß weitgehende Übereinstimmung mit dieser von Sars beschriebenen Form besteht. Irrtümlicherweise gibt Klie (1938) einen glatten Furkalhinterrand an, doch zeigen die Äste bis zur Hinterrandborste eine grobe, distal von dieser Borste eine feine Wimperreihe. Die männlichen Greiftaster stimmen gut mit den Abbildungen bei Sars (1928) überein, nur ist beim Grundglied des rechten Greiftasters die Spitze deutlicher abgesetzt und stärker als auf der Abb. bei Sars. Die Art ist aus dem Sevan-See Sowjetisch-Armeniens bekannt, hat aber sonst hauptsächlich nördliche Verbreitung (Schweden, Norwegen, Norden des europäischen Teils der UdSSR)[1]). Die bisherigen Fundorte ließen vermuten, daß es sich um eine kalt stenotherme Form handelt, was aber nun durch das Vorkommen im Zeribar widerlegt ist.

Die Gattung Ilyocypris Abb. 13

Neben der Gattung *Heterocypris* spielen vor allem Vertreter von *Ilyocypris* in warmen Gebieten und flachen, astatischen Gewässern eine besondere Rolle. 4 Arten konnten bisher in Iran festgestellt werden. *I. bradyi* mit verkümmerten Schwimmborsten fand sich vorzüglich in kühlen Gewässern, also Quellen am Dschingis-göl, bei Reina (Elbursgebirge) und in Sabzawaran (April 1950). Sonst traten hauptsächlich Formen mit langen Schwimmborsten in den Vordergrund, vor allem *I. biplicata* (Famur-See, Schah-dad, Kuh-pajeh bei Kerman) und *decipiens*. Die Individuen von *biplicata* in Kuh-pajeh ließen zum Teil eine teilweise Durchtrennung des vorletzten Gliedes erkennen und waren somit atypisch (vgl. Abb. 13), doch lagen dort auch typische Tiere vor. Daß bei *decipiens* (Tahrud, Tümpel südlich Tuzlu-göl) die Schwimmborsten in ihrer Länge sehr variabel sind, hat bereits Klie (1926) hervorgehoben. Alle iranischen Tiere hatten Schwimmborsten, die die Klauen der 2. Ant. weit überragten.

Im Hamun-Gebiet fand sich ausschließlich *I. divisa*, von Klie (1926) aus dem Gebiet von Saratow beschrieben. Aus dem Manytsch-Gebiet wurde die Art dann von Bronstein gemeldet, der auch Angaben über die Männchen liefert. Die Abbildung vom Kopulationsorgan bei Bronstein unterscheidet sich allerdings recht wesentlich

---

[1]) Allerdings auch Ohrid- und Prespasee.

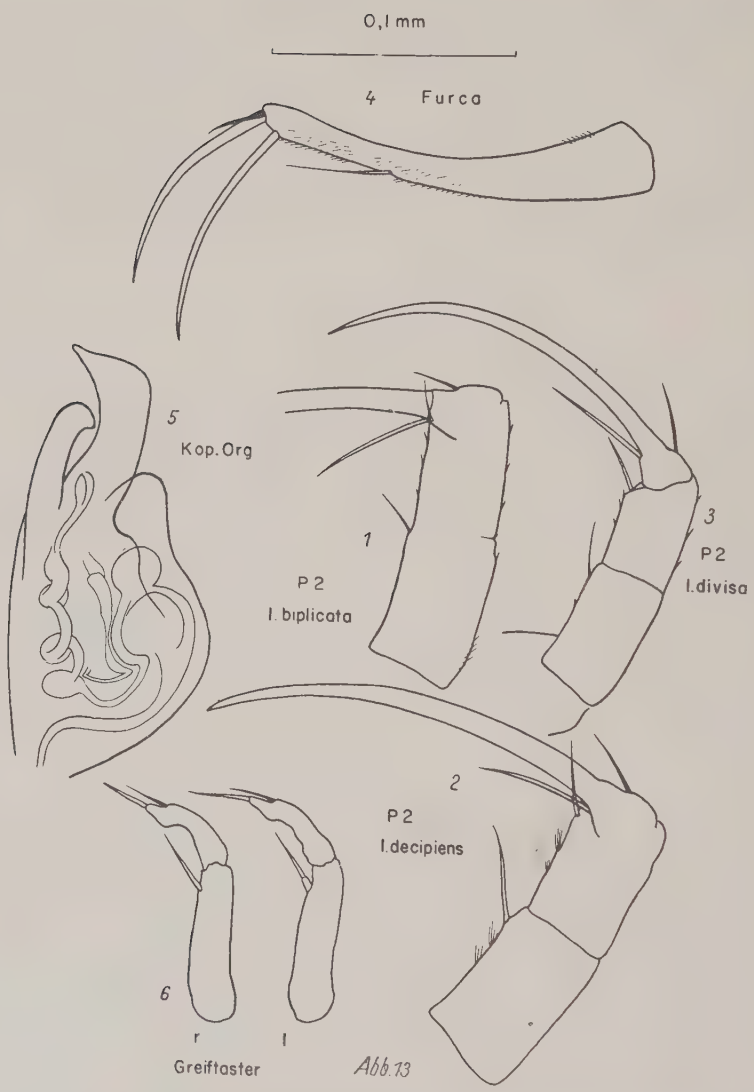


Abb. 13. *1 Ilyocypris biplicata* (Schahdad); *2 Ilyocypris decipiens* (Tahrud); *3 Ilyocypris divisa*, Weibchen (Lutak); *4 Ilyocypris divisa*, Weibchen (Latak); *5 Ilyocypris divisa*, Männchen (Lutak); *6 Ilyocypris divisa*, Männchen (Lutak).

in den Anhängen von unserer Form, wobei es zunächst offen bleiben muß, ob hier eine gewisse Variabilität besteht oder aber der iranischen Form Unterart-Charakter zugeschrieben werden kann. Die Art ist außerdem von Zypern bekannt geworden (STEPHADES 1948), ferner von Griechisch-Mazedohien (KLIE 1941).

Die Gattungen Heterocypris und Cyprinotus: Abb. 14, 15, 16

Ähnlich wie *Moina* unter den Cladoceren, tritt auch die Gattung *Heterocypris* in warmen, trockenen Gebieten wenigstens der nördlichen Halbkugel außerordentlich oft in Erscheinung. So liegen denn auch von Iran Ostrakoden von 10 Fundorten vor, die der Gattung *Heterocypris* zugehören. Erschwert wird in diesem Fall die sichere Bestimmung durch den Umstand, daß von allen Populationen nur Weibchen vorliegen, Männchen aber, wie von den südlichen Fundorten eigentlich zu erwarten gewesen wäre, völlig fehlen. Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich vor allem durch die völlig unzureichenden Beschreibungen mancher Arten dieser an sich schon nicht leicht überblickbaren Gattung. So beschrieb u. a. Tressler (1937) eine Anzahl von Arten, die kaum mehr zu identifizieren sein werden, besonders da vielfach Differentialdiagnosen fehlen (dieser Autor hat übrigens auch einen *Cyprinotus reticulata* (!) neu beschrieben, obwohl Klie (1930) bereits einen *Cyprinotus reticulatus* einführte).

Unsere Individuen gehören offensichtlich zwei Arten der Gattung *Heterocypris* an, nämlich *H. incongruens* (Ramdohr) und *H. barbara* (Gauthier). *H. incongruens* wurde von Klie (1937) und mir (1959) bereits für Iran angeführt und hat, wie vor allem Gauthier (1938) hervorhebt, eine außerordentlich weite Verbreitung. Tab. 3 stellt vergleichsweise die wichtigsten Abmessungen von Individuen aus der Umgebung von Wien, aus dem Karakorum (Pakistan)[1]) und Iran dar. Eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung bei den Gliedmaßen ist offensichtlich, während die Schalen vielfach stark von einander abweichen (Abb. 14). Sämtliche Tiere (bei jenen von Miandoab handelt es sich um noch nicht ganz ausgereifte Weibchen) haben eine Länge, die zwischen 1,3 und 1,65 mm schwankt, bei allen Individuen überragt die linke Schale vorne die rechte, welche die charakteristischen Tuberkelreihen trägt. Unterschiede bestehen in der Dorsalansicht, wo bei den Wiener Exemplaren auch die linke Schale vor der Spitze eingedrückt erscheint, während dies bei den iranischen Tieren teilweise undeutlich, teilweise gar nicht (Tiere des Lut-Beckens und aus dem Karakorum) der Fall ist. Ebenso ist die Behaarung der Furca an den Seiten recht ungleich stark ausgebildet.

Aus Vorderasien sind bis jetzt noch wenig Arten beschrieben worden. Zunächst von Brehm (1914) *H. zugmayeri* mit (gemäß der Zeichnung) Schwimmborsten, die die Endklauen nicht überragen und relativ gedrungenem Endglied des Maxillartasters (1,4 : 1). Die Beschreibung ist aber sonst so dürftig, daß es fraglich bleiben muß, ob es sich hier nicht auch um *incongruens* handelt, keineswegs ist die Furcalbeborstung ausreichend, um diese Art abzugrenzen. Schäfer (1952) wiederum führt eine neue Art, *H. turcica*, aus der Türkei an, ohne eine gründliche Differentialdiagnose zu geben: Schalenform und Länge des Endgliedes vom Maxillartaster (15 : 7) schließen die Möglichkeit nicht aus, daß diese Art vielleicht mit *H. barbara* identisch ist. Leider sind die Maße für das letzte Glied der 2. Antenne nicht angeführt. Die geringe Größe von *H. turcica* spricht allerdings eher gegen die fragliche Identität (1,1 mm). Völlig unbrauchbar ist die Beschreibung von *H. hertwigi* (Lindner 1922), wenigstens was die Rechtfertigung einer neuen Art anbelangt. Lindner führt übrigens auch keinerlei Unterschiede gegenüber der zweifellos zumindest sehr ähnlichen *H. incongruens* an. Auch die Zeichnungen sind wenig aufschlußreich, ja teilweise falsch, da z. B. die Atemplatte des P 1 nur 5 Borsten zeigt, während sie tatsächlich (laut Text) 6 trägt. Schließlich gibt Bronstein für das Kaukasusgebiet

[1]) Coll. Dr. E. Piffl.

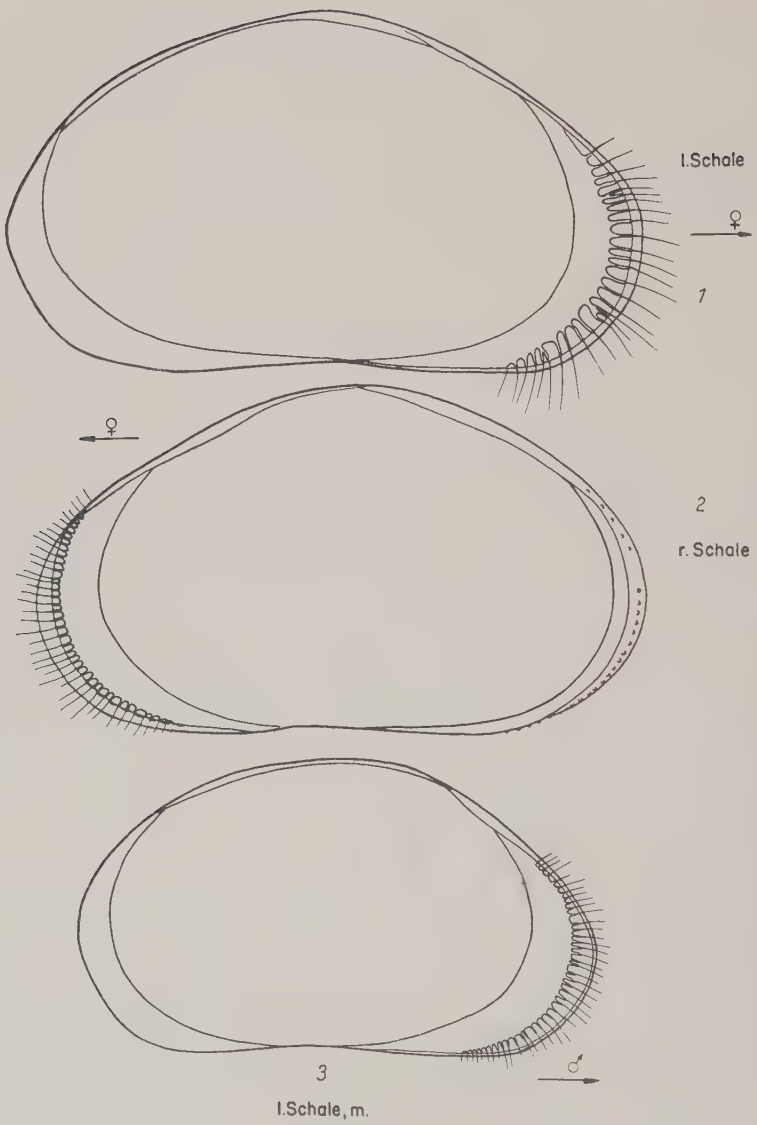


Abb. 14. *1* und *2 Heterocypris incongruens*, Weibchen (Wiener Gebiet), *3 Heterocypris incongruens*, Männchen (Wiener Gebiet).

eine neue kleine (Weibchen bis 1,25 mm) *Heterocypris*-Art, *rotundatus* (richtig eigentlich *rotundata*!) an, die von MEGYERI (1959) auch für Ungarn gemeldet wird. Diese Art soll sich hauptsächlich dadurch von *incongruens* unterscheiden, daß der Hinterrand breiter als der Vorderrand der Muschel gerundet sein soll. Dieser Unterschied ist nun in keiner Weise signifikant, da häufig auch *H. incongruens* einen breiter

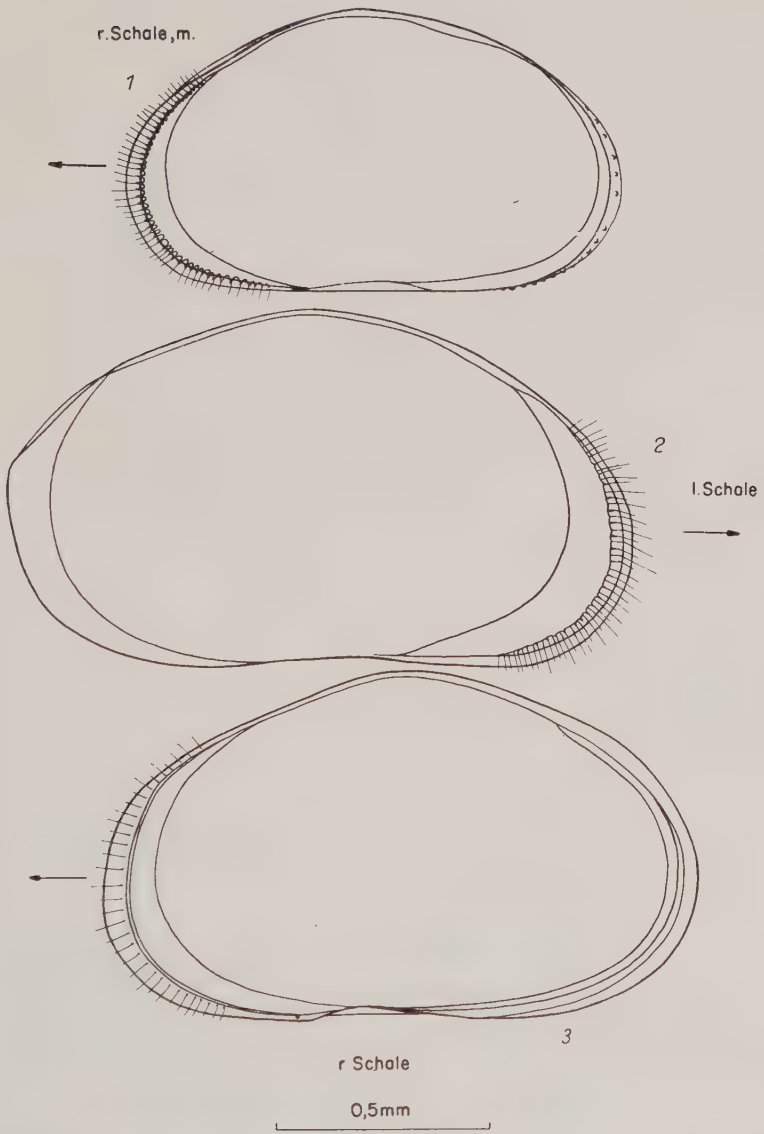


Abb. 15. *1 Heterocypris incongruens*, Männchen (Wiener Gebiet); *2* und *3 Heterocypris barbara* (Kuhpajeh, Isfahan).

gerundeten Hinterrand besitzt. Nach den Abb. ist aber außerdem die Schale in der Dorsalansicht breiter als die halbe Schalenlänge, was hier nirgends zutrifft[1]).

Weitere Arten, die in Betracht gezogen werden müssen, sind *H. incongruens attenuata* (Gauthier), die jedoch in der Dorsalansicht hinten deutlich weniger ab-

[1]) Gauthier, 1930, gibt allerdings die Abb. einer *H. incongruens*, wo die Breite ebenfalls die halbe Länge deutlich überschreitet.

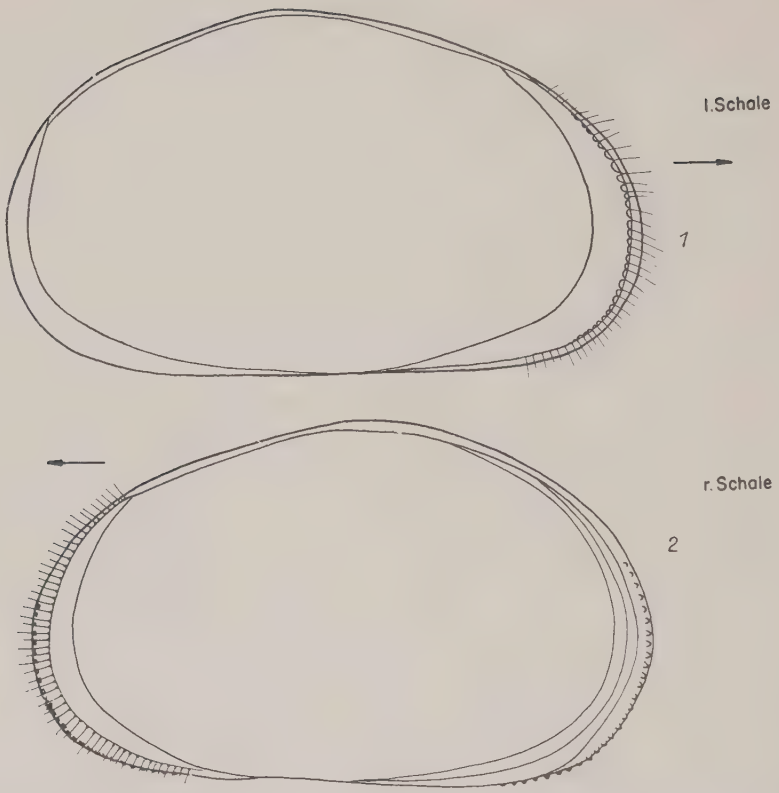


Abb. 16. *1* und *2 Heterocypris incongruens* (Karakorum, Gilgit: man beachte hier den geraden Unterrand der l. Sch. sowie den relativ schmalen Verwachsungsrand).

gerundet ist als *H. incongruens*, die kleine Art *H. giesbrechti* G. W. MÜLLER (unter 1 mm), mit viel kürzerer Vorderrandborste, *H. symmetricus* G. W. MÜLLER mit ebenfalls sehr kurzer vorderer Borste, *symmetricus monodi* GAUTHIER (1937) mit auffallend schlanker Furca, *H. dentato-marginata* (SARS), GURNEY (1921b), *H. similis* KLIE (1933) mit u. a. sehr kurzer vorderer Borste, *H. nusbaumi* (GROCHMALICKI 1912) mit der hinteren Klaue sehr nahestehender Borste: im übrigen ist auch diese Beschreibung recht unzulänglich. MASI (1925) endlich führt von den Cap-Verdischen Inseln eine neue Art, *H. hesperidum* an, die maximal 1 mm lang wird, eine sehr kurze Vorderrandborste besitzt (ein Viertel der vorderen Klaue) und die Borsten auf der Ventralseite des P 2 ungefiedert hat. KLIE (1937a) legt auf letztgenanntes Merkmal keinen besonderen Wert, obwohl er immerhin bei 9 Arten zu einem einwandfreien Ergebnis kommt und nur bei 2 Arten die Befiederung nicht sicher festgestellt werden konnte. Leider liefert MASI gerade für diese Art keine Zeichnungen, doch geht aus allen Angaben hervor, daß *hesperida* ebenfalls *incongruens* recht nahe steht. Doch ist neben den genannten Unterschieden vor allem noch das ganz andere Längenverhältnis bei Stamm und vorderer Furcalklaue von *hesperida* zu nennen (100 : 41).

Tabelle 3. *Heterocypris incongruens* und *Heterocypris barbara*

	Wien	Tümpel, Karakorum	Hos, Zabol	Kuh-pajeh, 29. 4.
1. Antenne	60:40:38:30:30	60:35:25:25:25	55:45:30:25:25	60:37:34:28:25
2. Antenne	26:19:6/:24:14	22:18:5/:22:15	23:14:5/:20:13	21:16:5/:21:15
letztes Gl.	2:1	2:1	30:13	30:14
Schwimmbo.	50:(40)	48:(37)	41:(34)	39:(35)
Mx. T., Endgl.	25:12,5	26:13	20:10	25:14
Form	zylindrisch	zylindrisch	zylindrisch	zylindrisch
P 2, Ventralb.	gefiedert	gefiedert	gefiedert	gefiedert
Furca	35:20:15:9,5:12	35:19:13:8:11	34:19:15,5:8:9,5	34:19:12,5:8:12

	Schah-dad, Straße	Schah-dad, Hos	Tahrud, 4. 5.	Strandtümpel Urmia
1. Antenne	70:50:35:30:25	60:45:35:30:27	65:40:35:30:29	60:40:33:30:30
2. Antenne	30:20:6/:25:16	25:17:6/:22:15	28:18:6/:25:17	28:19:7/:25:16
letztes Gl.	30:16	33:15	33:16	35:16
Schwimmbo.	55:(42)	44:(38)	50:(43)	50:(40)
Mx. T., Endgl.	21:11	23:14	24:15 (prox. 13)	27:15
Form	zylindrisch	zylindrisch	distal etwas breiter	zylindrisch
P 2, Ventralb.	gefiedert	gefiedert	gefiedert	gefiedert
Furca	35:21:13,5:10:12	34:22:14,5:11:13	34:20:14,5:11:12	35:20:15:11:12,5

	Miandoab (juv.)		Kuh-pajeh/ Isfahan
1. Antenne	50:30:25:20:18	*Heterocypris barbara*	60:40:30:25:27
2. Antenne	20:13:5/:18:11		25:16:6/:24:15,5
letztes Gl.	2:1		33:13
Schwimmbo.	38:(20)		48:(38)
Mx. T., Endgl.	18:10		25:13
Form	zylindrisch		zylindrisch
P 2, Ventralb.	gefiedert		gefiedert
Furca	26:17:11,5:6:8,5		33:20:13:8:11

1. Antenne: gemessen die 5 letzten Glieder.

2. Antenne: gemessen die 3 letzten Glieder (Vorderrand) und die beiden Klauen (längste und kurze) des vorletzten Gliedes.

Schwimmborsten: gemessen die Länge der Schwimmborsten und der Endteil der 2. Antenne vom Ansatzpunkt der Schwimmborsten bis zur Spitze der Endklauen.

Furca: gemessen Vorderrand der Furcaläste, vordere Klaue, hintere Klaue, vordere Borste, Hinterrandborste.

Tabelle 4. *Cyprinotus*

	Hos, Schah-dad	Tahrud, 4. 5.	Strandtümpel, Urmia	Miandoab
1. Antenne	50:37:27:26:25	50:33:31:25:25	52:32:30:26:27	42:28:25:20:21
2. Antenne	20:15:4/:20:14	23:14:3,5/:19:15	21:14:4/:19:16	19:11:3/:16:12
letztes Gl.	30:13,5	23:12	24:11	23:11
Schwimmbo.	42:(35)	37:(33)	40:(33)	38:(28)
Mx. T., Endgl.	22:13	21:13	20:10	15:10
Form	zylindrisch	zylindrisch	zylindrisch	zylindrisch
P 2, entralb.	gefiedert	gefiedert	gefiedert	gefiedert
Furca	32:18:13,5:8:11	30:17:13:8:11	28:18:13,5:7:11	23:15:11:7:9

	Reina, Elburs
1. Antenne	40:30:23:20:22
2. Antenne	15:13:4/:18:14
letztes Gl.	23:11,5
Schwimmbo.	30:(28)
Mx. T., Endgl.	20:13
Form	zylindrisch
P 2, Ventralb.	gefiedert
Furca	27:17:11:7:9

Auffallend anders gestaltet erscheinen Tiere von Kuh-pajeh bei Isfahan, die ich bedenkenlos zu *H. barbara* (GAUTHIER u. BREHM 1928) stellen möchte. Das schnabelförmige Vorderende der Schale in Dorsalansicht, die kaum erkennbaren Tuberkeln der rechten Schale sowie die Seitenansicht der Schale selbst stimmen schon gut mit den klaren Darstellungen bei GAUTHIER & BREHM überein. Außerdem ist das letzte Glied der 2. Antenne zweieinhalb mal so lang wie breit: leider führen GAUTHIER & BREHM nicht an, ob wie hier das vorletzte Glied der 1. Antenne etwas kürzer als das letzte ist. *Heterocypris barbara* ist bereits aus Nordafrika und Spanien (?, MARGALEF 1953) bekannt und dürfte recht hohe Salzgehalte tolerieren.

Wenn ich hier im folgenden jene Formen mit höherer linker Schale zur Gattung *Cyprinotus* stelle, so geschieht dies nach dem Vorschlag von SARS (1928) und BRONSTEIN (1947). KLIE (u. a. 1937a, 1938) stellt auch diese Arten zu *Heterocypris*, während GAUTHIER wieder den ganzen Formenkreis zur Gattung *Cyprinotus* zusammenfaßt. Tatsächlich sind sich, wie Tab. 4 zeigt beide „Gattungen" im Bau der Gliedmaßen so außerordentlich ähnlich, daß es vielfach unmöglich ist, auf Grund der verschiedenen Abmessungen zu einem geeigneten Resultat zu kommen. Sollten sich Übergangsformen zwischen beiden Schalentypen später finden, so müßten alle Arten zur Gattung *Cyprinotus* gestellt werden, die von BRADY bereits 1885 beschrieben wurde.

Auch die Arten dieser Gattung sind teilweise nur ungenügend beschrieben. Von Nordafrika und Schwarzmeerküste ist die Art *C. maurus* MASI (1932) bekannt, die aber gänzlich andere Schalen besitzt als unsere Formen. Für diese bieten sich zum Vergleich vielmehr *C. salinus*, *C. fretensis* und *C. inaequivalvis* an. *C. inaequivalvis* ist nach dem Beschreiber BRONSTEIN selber vielleicht nicht von *C. fretensis*[1]) (BRADY & ROBERTSON) zu trennen (1947). Beiden gemeinsam ist die am konservierten Material aber nicht mehr erkennbare Färbung der Schale, jedoch hat *C. inaequivalvis*

[1]) *C. fretensis* wiederum ist nach KLIE (1941) vielleicht mit *salinus* identisch.

eine „viel niedrigere" rechte Schale als *C. fretensis*. Leider führt BRONSTEIN ein wichtiges Merkmal, ob nämlich der Saum des linken hinteren Schalenrandes breit oder schmal ansetzt, nicht an: nach den Zeichnungen zu schließen verhält es sich jedoch hier wie bei *fretensis* mit schmalem Saumansatz. Dieses Merkmal verwendet KLIE (1937a), um die beiden Arten *C. fretensis* und *C. salinus* (BRADY) zu trennen und es erweist sich auch in unserem Fall als brauchbar. Darnach wären die Tiere von Schah-dad, Tahrud, Urmiastrand und Miandoab zu *salinus* zu stellen, jene von Reina, die von einer Aufsammlung im Sommer (Anfang September) 1949 herstammen aber zu *C. fretensis*, da keineswegs ein Schalenbau wie bei *C. inaequivalvis* gegeben ist. Letztere Angabe möchte ich aber wegen der bereits sehr brüchigen Schalen als fraglich auffassen (leider hat STEPHANIDES 1948, dem sowohl *C. inaequivalvis* als auch *C. fretensis* vorlagen, keine erschöpfende Beschreibung geliefert, wie denn auch die Zeichnungen dort nur sehr unzulänglich sind). Sowohl *C. inaequivalvis* als auch *C. fretensis* scheinen hauptsächlich in süßem Wasser (*C. fretensis* ist aus rinnendem Wasser bekannt) vorzukommen, was mit dem Fund von Reina in Einklang steht. Dagegen stammen die *C. salinus*-Individuen durchwegs aus schwach bis stark salzigen Gewässern. *C. salinus* hatte eine Länge von 1,1 (Schah-dad) bis 1,2 mm (Tahrud, Urmia-Strandtümpel). Die nur 1,0 messenden Individuen von Miandoab sind möglicherweise noch nicht ganz ausgereift. *C. cf. fretensis* maß 1,1 mm. Männchen fehlten bei beiden Arten.

Phyllodiaptomus blanci de GUERNE et RICHARD: Abb. 17

1895 wurde diese Art vom französischen Forschungsreisenden E. BLANC in einem Süßwasserbecken in Buchara gefunden und 1896 von de GUERNE und RICHARD beschrieben. Eine ausführliche und teilweise berichtigende Darstellung der Art wurde dann später vor allem von van DOUWE (1905) gegeben, in der u. a. auch die Zähnelung des drittletzten Gliedes der männlichen Greifantenne angeführt wird. Seine Tiere stammten aus Turkestan, wo die Art besonders häufig zu sein scheint. GURNEY (1907) führte hierauf *P. blanci* aus Indien (westlich Kalkutta) an. Im gleichen Jahr führte APSTEIN *D. annae* als neue Art aus Ceylon ein, freilich mit vielfach unzulänglichen Zeichnungen. 1936 stellte KIEFER für beide Arten, für die dem Autor Material aus Indien und Ceylon zur Verfügung stand, die Gattung *Phyllodiaptomus* auf, ohne weiter auf die trennenden Merkmale beider Arten einzugehen. Dies wird vielmehr erst von BREHM (1953) unternommen, der in seiner ausführlichen Studie zum Schluß kommt, daß beide Arten identisch sein dürften. Dort werden auch alle eventuell trennenden Merkmale angeführt, allerdings auch deren große Variabilität.

Das eigene Material entspricht nun am ehesten der Art *Ph. blanci* durch:

die lange Außenrandborste des 2. Basale P 5 der Weibchen,
nur eine hyaline Membran am 2. Basale des rechten P 5 der Männchen,
durch Mangel einer Spitze am 1. Glied des rechten P 5 der Männchen (hier wird für *blanci* eine solche von VAN DOUWE gezeichnet, nur undeutlich von KIEFER (1936), DE GUERNE und RICHARD geben eine weitere Variante),
durch eine längere und undeutlich s-förmige Endklaue des rechten P 5 der Männchen, die allerdings von VAN DOUWE nur einfach gekrümmt dargestellt wird.

Hingegen ist der Enp. P 5 der Weibchen 2-gliedrig, wie auch bei van DOUWE, während KIEFER (1936c), BREHM (1953a) und auch de GUERNE und RICHARD diesen Ast als

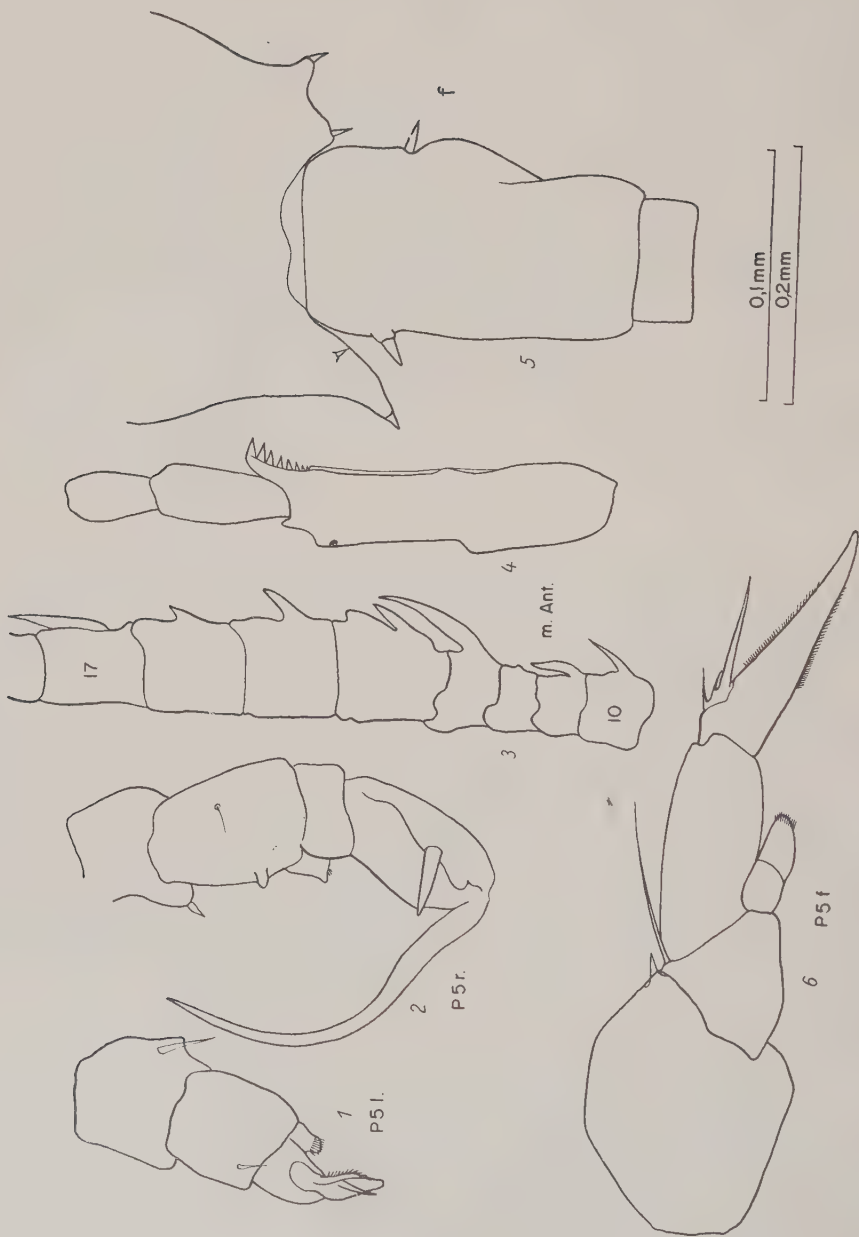


Abb. 17. *1—6 Phyllodiaptomus blanci* (Hamun-See); *6* im größeren Maßstab.

eingliedrig bezeichnen. Daß Brehm op. zit. und Kiefer op. zit. dagegen jenen von *Ph. annae* als zweigliedrig definieren widerspricht wiederum der Originalbeschreibung durch Apstein.

Man gewinnt aus dieser ungewöhnlichen Vielheit von Beschreibungen tatsächlich den Eindruck, es handle sich hier um eine sehr variable Form, deren Verbreitungsareal nunmehr auch durch die Seistan-Funde nicht mehr disjunkt erscheint wie bisher. Ökologisch gesehen erweist sich die Art als ungewöhnlich euryök: sie ist sowohl in Steppengewässern arider Gebiete wie in Tropenseen anzutreffen und meidet auch schwach salzige Wässer nicht (bis fast 4‰ (?) totaler Salinität, an der Mündung des Amu-darja in den Aralsee.) Zur Zeit der Untersuchung wies die Art nur geringe Volksdichten auf, die weit hinter jene von *Metadiaptomus asiaticus* zurückfielen.

Länge der ♀: 1,6 mm (A 1: 1,48 mm), jene der ♂: 1,46 mm.

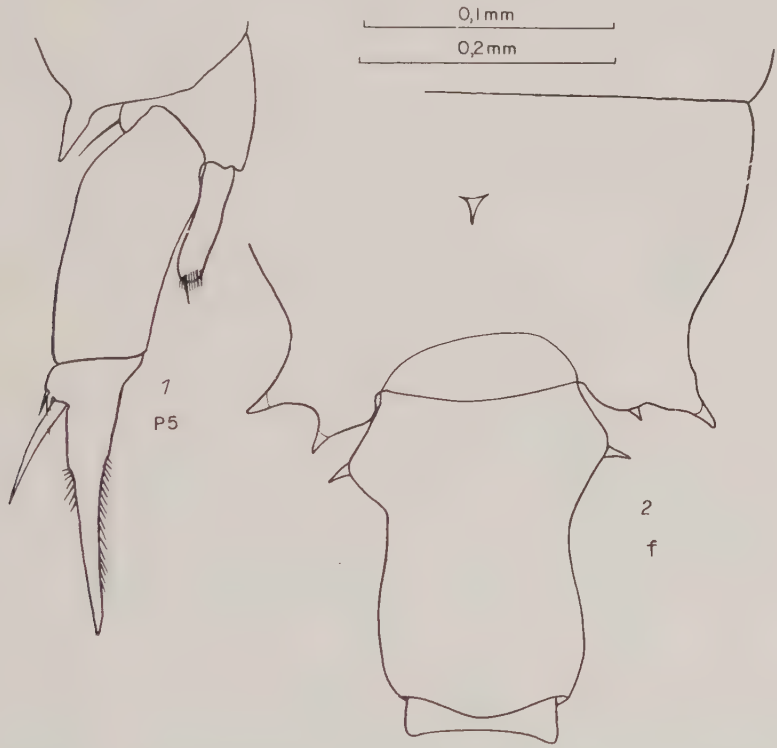


Abb. 18. *1—4*, *Sinodiaptomus sarsi*, Männchen (Zeribar); *1* im kleinen Maßstab.

Sinodiaptomus sarsi (Rylov): Abb. 18, 19

1923 hat Rylov in seiner Arbeit über die Copepoden der Mandschurei eine bereits von früher her bekannte, von *D. chaffanjoni* Richard abweichende Form als eigene Varietät beschrieben, die später in den Artenrang erhoben wurde (Kiefer 1928) und für die Kiefer (1932) zusammen mit *chaffanjoni* die Gattung *Sinodiaptomus* eingerichtet hat. Vorliegende Tiere stimmen nun mit den Abbildungen nach Rylov sehr gut überein, als Unterschiede können nur angeführt werden: der kürzere Rücken-

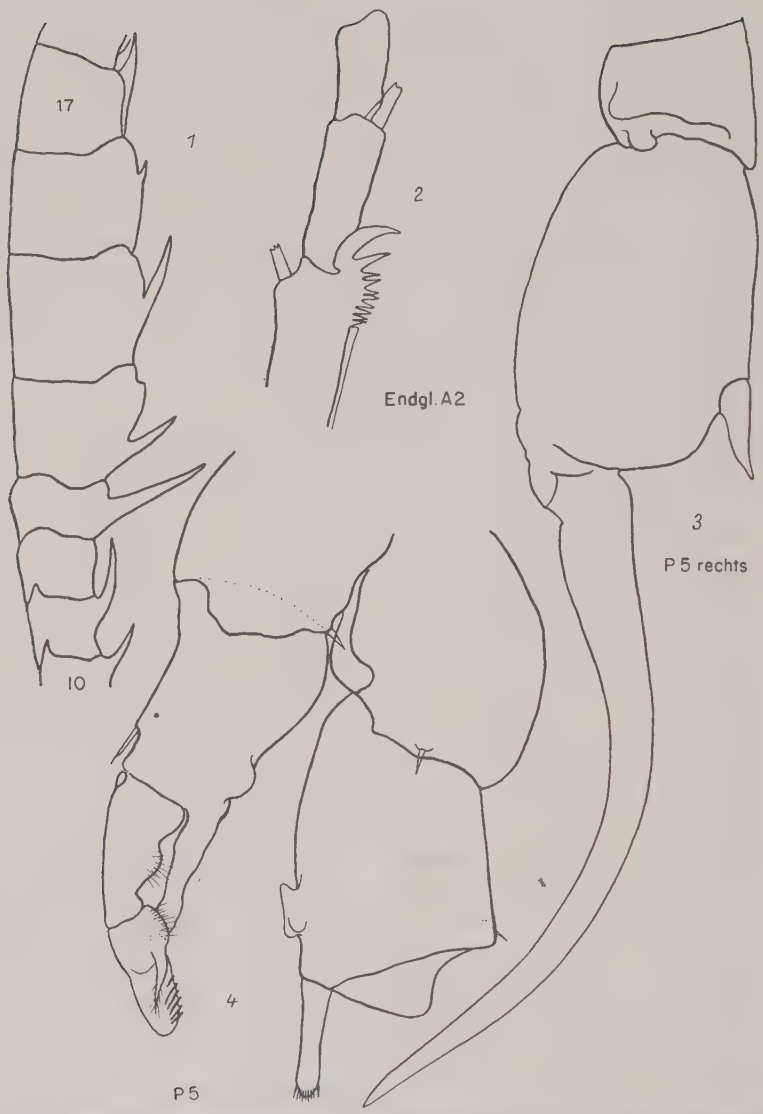


Abb. 19. *1* und *2 Sinodiaptomus sarsi*, Weibchen (Zeribar); *2* im kleinen Maßstab.

dorn der Weibchen bei der persischen Form und eine weniger starke Vorwölbung links am ersten Abdominalsegment, ebenfalls der Weibchen der persischen Form. Doch mögen hier von Ort zu Ort gewisse Abweichungen bestehen, wie ja auch der Enp. P 5 der Weibchen in seiner Länge schwankt (RYLOV 1923). Die Abbildungen RYLOVS beziehen sich auf Tiere der Mandschurei und sollen auch für Tiere aus dem Kubangebiet Gültigkeit haben. Damit wäre auch der neue Fundort ohne weiteres verständlich. Mit RYLOVS Abbildungen stimmen auch jene bei KIEFER (1932) überein, die RYLOV (1930) entnommen sein dürften, ferner die Abbildungen bei

Sars (1903), welche nach Tieren aus der Gegend von Puching (China) angefertigt sind und auf welche Bilder sich auch Rylov (1923) stützt. Dagegen zeigen die Zeichnungen von chinesischen Tieren in Kiefer (1938) und auch Kiefer (1928) eine stärkere Abweichung insofern, als hier das 5. Thorakalsegment immer abgetrennt erscheint und in den Zeichnungen von 1938 der Enp. des rechten männlichen P 5 zweigliedrig dargestellt wird. Da sich allerdings beide Arbeiten auf Material von Fukien (Südostchina) beziehen, dürfte für das letztgenante Merkmal mit einer Variabilität zu rechnen sein. Möglicherweise gehören Kiefers Formen einer eigenen Varietät oder sogar Art zu, doch kann dies derzeit nicht entschieden werden.

Ebenso scheint mir Kiefers *var. valkanovi* eine eigene Art zu sein, die sich durch viele Unterschiede gegenüber *sarsi* definieren läßt und die Kiefer (1938) bereits hervorgehoben hat. Eben weil unsere Form so außerordentlich mit dem mandschurischen und chinesischen *sarsi* übereinstimmt, kann wohl innerhalb der einzelnen Arten mit größerer Konstanz der Merkmale gerechnet werden, so daß zumindest für *valkanovi* Artenrang zu empfehlen sein wird. Wieweit der „*sarsi*" aus Kalifornien vom Typus abweicht, ist mir nicht bekannt, aber es hat den Anschein, als ob die hauptsächlich asiatische Art *sarsi* in den Randzonen ihres Verbreitungsgebietes zur Rassenbildung neigen würde. Dafür, daß die Art polytherm sein dürfte, sprechen nun auch schon mehrere Hinweise, bemerkenswert ist das pelagische Vorkommen dieser hauptsächlich aus Kleingewässern bekannten Form im Zeribar-See.

Die Länge der Weibchen beträgt 1,6 bis 1,7 mm, jene der Männchen 1,5 mm. Die Eisäcke der Weibchen setzten sich aus bis zu 13 Eiern zusammen, in den Proben lagen zur Untersuchungszeit fast ausschließlich reife Tiere vor.

Halicyclops neglectus Kiefer: Abb. 20

In mehreren Exemplaren liegt diese Art vom Murd-ab vor und kann somit zum ersten Mal für das Kaspimeer verzeichnet werden. Die Länge der Weibchen beträgt hier 540, jene des einzigen Männchens 350 μ. Die längste Furcalborste mißt bei ersteren 430, bei letzteren 270 μ. Die Relationen der Furcalborsten (Innere Apicalborste : innerer Mittelborste : äußerer Mittelborste : äußerer Apicalborste : Dorsalborste : seitlicher Furcalborste) verhalten sich wie 1 : 22,5 : 9,6 : 2 : 2,8 : 1,25. Länge und Breite des Enp. P 4 haben die Relation von 1,52 : 1, seine Apicaldornen jene von 1 : 1,43. Glied und längerer Apicaldorn verhalten sich wie 1 : 1,2. Dornformel 3 · 4 · 4 · 3.

Nach Margalef (1953) soll die Art hauptsächlich in Gewässern nahe der Meereskonzentration vorkommen, doch zeigen schon die Funde aus der Ostsee, daß auch weitaus geringere Salzgehalte ertragen werden. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß im Probenmaterial von Murd-ab *H. neglectus* nur in den weiter landeinwärts gelegenen Lagunenteilen vorkam, während gegen die Kaspisee zu einzig *H. sarsi* Akatova in großer Anzahl gefunden werden konnte. Letztere Art wurde von dort schon durch Hemsen (1952) angegeben.

Da aus der Kaspisee von Rylov (u. a.) *H. aequoreus* (nach Lindberg 1957 *H. magniceps* identisch) ohne nähere Beschreibung angegeben wird, kann die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, daß in der Kaspisee von beiden Arten überhaupt nur *H. neglectus* vorkommt, da *H. aequoreus* und *H. neglectus* vielfach nicht unterschieden wurden (vgl. Kiefer 1936).

Bisher können (nach Lindberg 1957a) aus dem Kaspimeer folgende *Halicyclops*-Arten angeführt werden: *H. sarsi* Akatova, *H. neglectus* Kiefer, *H. setifer* Lind-

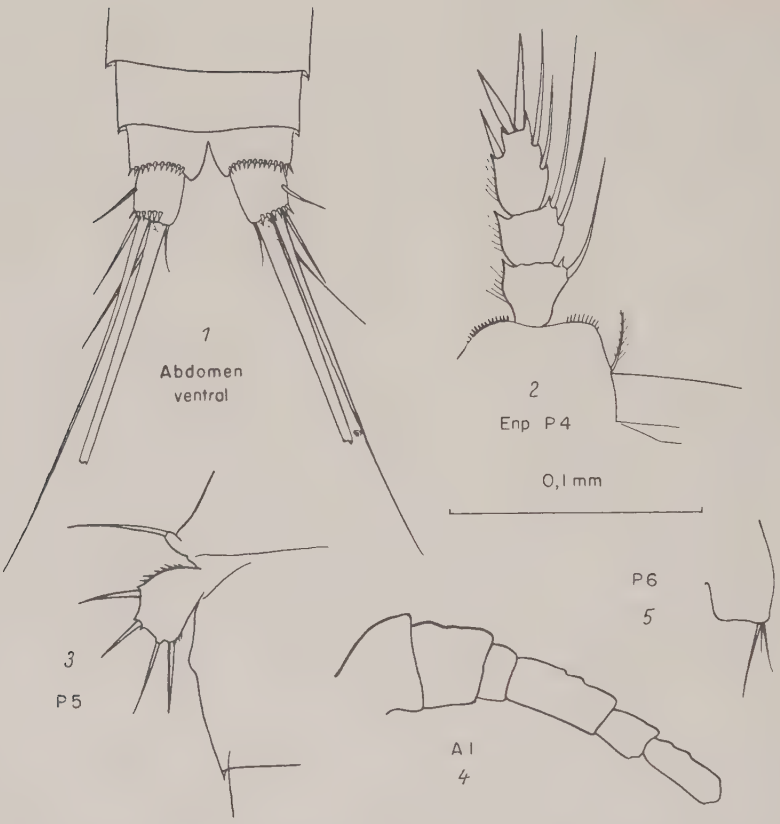


Abb. 20. *1—5 Halicyclops neglectus,* Weibchen (P 6, Männchen), (Murdab).

BERG, *H. robustus* SARS, *H. oblongus* SARS. Letztere beiden Arten werden von KIEFER (1936) zusammen mit einer weiteren von SARS beschriebenen Art *H. pygmaeus* als nomina nuda definiert.

Eucyclops serrulatus (FISCHER)

In rund einem Dutzend Proben war diese Art enthalten, deren weite Verbreitung ja zur Genüge bekannt ist, ebenso wie die Eigenschaft, sich mit fast allen Gewässertypen erfolgreich auseinander zu setzen. Trotz genauer Durchsicht dieser Proben fand sich keine der bereits aus Iran bekannten *Eucyclops*-Formen wie: *serrulatus speratus, farsicus, elburziensis, macruroides, euacanthus,* zu welchen vielleicht noch die jüngst von LINDBERG (1959) beschriebene Art *Eu. turcomanicus* kommen wird. Auch LINDBERG (1959) hebt die Häufigkeit von *serrulatus* im afghanischen Material hervor, wo von 86 Proben 61 diese Art enthielten. Leider liegen über einige der genannten Formen, wie *Eu. farsicus* und *elburziensis* noch zu wenig Berichte vor, um deren Variabilität beurteilen zu können. Auch wird die Züchtung aller dieser „Arten" dringend zu empfehlen sein, um zu endgültigen Resultaten zu gelangen.

Unter den Arten, die ich bereits gelegentlich der Niriz-See-Beschreibung anführte, erinnert der *Eucyclops* aus dem Stausee von Kuh-räng durch Ausbildung seiner Furca bzw. deren Säge stark an *Eu. serrulatus speratus*, so daß diese Form mangels größeren Materials provisorisch in unsere Faunenliste aufgenommen sei.

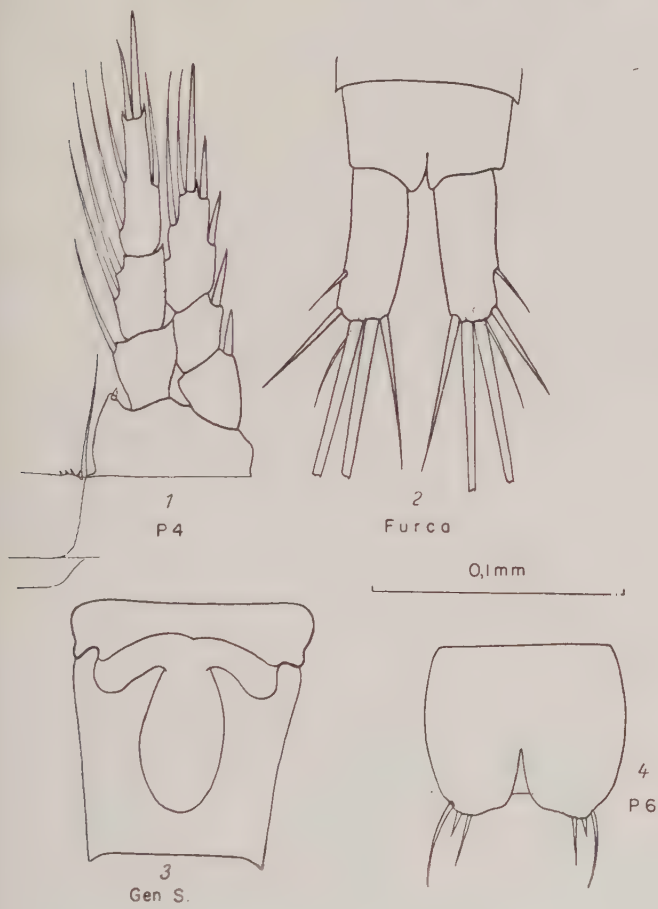


Abb. 21. *1—4 Thermocyclops dybowski* (Zeribar).

Thermocyclops dybowskii Lande: Abb. 21

Weibchen: Die Länge beträgt 670—710 μ, ohne die furcalen Endborsten. Mit nur 205 μ Länge ist die längste Furcalborste relativ kurz und mißt knapp die dreieinhalbfache Länge eines Furcalastes. Die Furcaläste selbst sind schwach gespreizt und knapp mehr als zweieinhalb mal so lang wie breit. Die ersten, 17-gliedrigen Antennen reichen bis zum Ende des 2. Thoracalsegments und haben eine Länge von 340 μ. Die Dornformel lautet $2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$. Über den freien Rand der Verbindungsplatte der Füße des vierten Paares ragen zwei sehr niedrige Chitinhöcker wenig empor, die 2—4 Dörnchen tragen. Am P 5 ist der innere der beiden Anhänge des Endgliedes ein Stachel und um weniges länger als die äußere Fliederborste. Das Receptaculum seminis besitzt nach caudal gebogene seitliche Abschnitte.

Im folgenden seien die wichtigsten Abmessungen und Relationen zusammengestellt:

Furca	54 μ
Furca, Länge : Breite	2,50 : 1—2,66 : 1
Dorsalborste	65 μ
Furcalborsten, von innen nach außen	1,86 : 4,77 : 3,62 : 1
Endgl. Enp. P 4, Länge	53 μ
Endgl. Enp. P 4, Länge : Breite	3,41 : 1
Endgl. Enp. P 4 : äußerer Apicaldorn	1,38 : 1
Apicaldornen Engl. Enp. P 4	1,20 : 1

Männchen: ihre Länge beträgt 540—560 μ, die Ausbildung von P 6 ist aus Abb. 21 ersichtlich.

KIEFER (1929) definiert noch *Th. dybowskii* vor allem mit Hilfe der kleinen unbewehrten Chitinhöcker der Verbindungsplatte P 4. LINDBERG (1936) zeigt jedoch schon u. a., daß diese Gebilde sehr variabel in ihrer Ausbildung sind und kaum als Artmerkmal herangezogen werden können. In späteren Bestimmungstabellen (u. a. RYLOV 1948) wird denn auch dieses Merkmal nicht mehr als Kriterium verwendet. Daß es sich hier um besonders kleine Individuen handelt, fällt nicht besonders ins Gewicht, da auch STEPHANIDES (1948) Längen von 0,7 bis 0,86 mm für die Weibchen anführt. Ebenso wie Europa relativ arm an *Thermocyclops*-Arten ist (*hyalinus*, *oithonoides*, *dybowskii* und *stephanidesi*), sind aus dem nördlichen Asien (Sowjetunion) außer den drei erstgenannten nur noch *asiaticus* (= *mongolicus*) und *rylovi* zu nennen. Auch das südlich angrenzende Iran scheint an Arten dieser Gattung nicht besonders reich zu sein, wie LINDBERGS und die eigenen Aufsammlungen erkennen lassen (bisher 4 Arten). Ähnliches gilt für das angrenzende Afghanistan (LINDBERG 1948, 1959). Die Art ist aus Iran bereits von Burudjerd bekannt (LINDBERG 1936).

Cletocamptus gabrieli n. sp.: Abb. 22, 23

Weibchen: Die Hinterränder sämtlicher Segmente sind bewehrt. Während aber jener des Cephalothorax nur eine Reihe langer, feiner Dornen trägt, besitzen die Thorakalsegmente überdies noch eine weitere Reihe kürzerer Dornen, die allerdings nicht immer einwandfrei als einheitliche Reihe zu erkennen ist. Alle Thorakal- und Abdominalsegmente sind außerdem mit feinen Börstchen bedeckt, die in mehr oder weniger deutlichen Reihen zusammen stehen. Am Genitaldoppelsegment ist die Verschmelzung nicht vollständig; dorsal und seitlich ist die mit Dörnchenreihe versehene Trennungslinie erkennbar. Das letzte Abdominalsegment ist distal auf der Ventralseite mit Dornenzeilen verschiedener Größe bewehrt, die nebeneinander stehen und auch der medianen Begrenzung des Segments folgen. Auf der Dorsalseite reicht die Dornenreihe nicht ganz bis an das Operculum heran. Zwei kurze Dornenzeilen sind am letzten Segment in der halben Länge dieses Segments auf beiden Seiten zu finden. Das Operculum ist wenig deutlich und mit 6 bis 7 gröberen Dornen bewehrt. Die Furcaläste sind etwas länger als breit und tragen neben einer geknöpften Dorsalborste am Außen- und Innenrand je zwei weitere Borsten. Dornen finden sich in der Nähe der Dorsalborste und am Innenrand. Außerdem ist das distale Ende von einem Dornenkranz umgeben, der ventral geschlossen, dorsal aber unterbrochen erscheint. Die beiden langen Furcalborsten (mittlere und äußere) sind auch an der Basis nicht miteinander verwachsen.

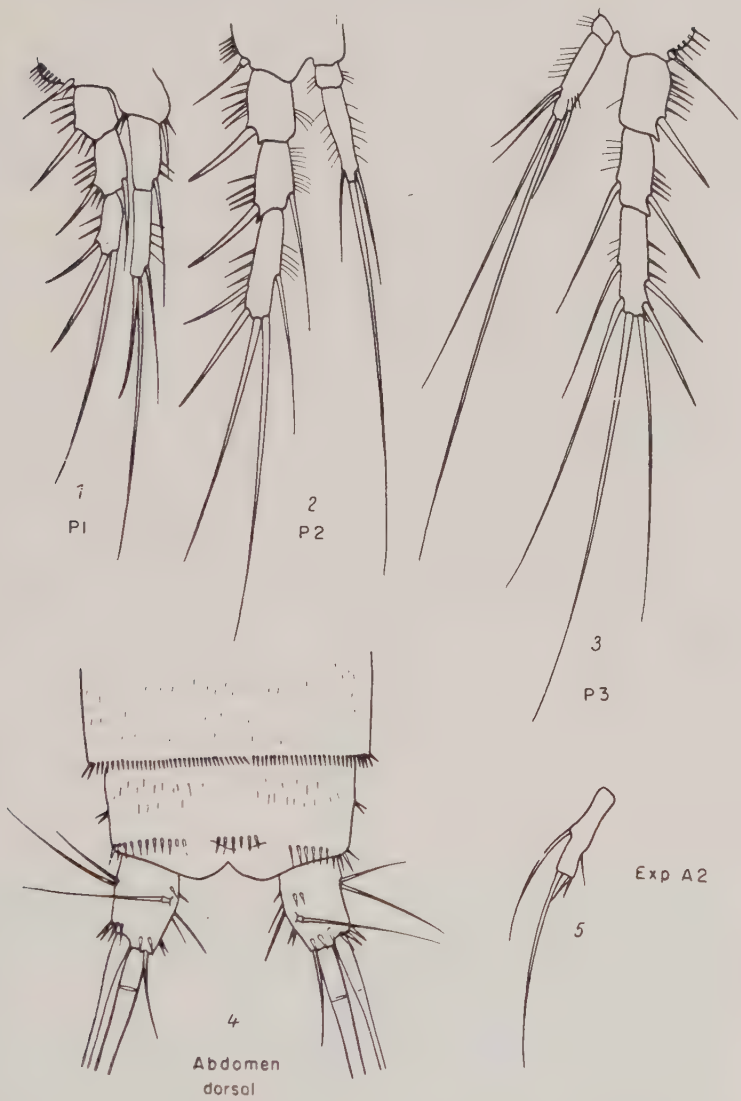


Abb. 22. *1—5 Cletocamptus gabrieli* n. sp. (Schah-kenar, Gavkhaneh-Gebiet)

Die erste Antenne ist 6-gliedrig, der Exp. der 2. Antenne trägt zwei lange und drei kurze Borsten. Am Mandibularpalpus sind zwei Borsten festzustellen. Die Bewehrung der Endglieder von Exp. und Enp. P 1 bis P 4 sieht folgendermaßen aus:

	Exp.	Exp.
P 1	3	3
P 2	5	3
P 3	6	5
P 4	5	2

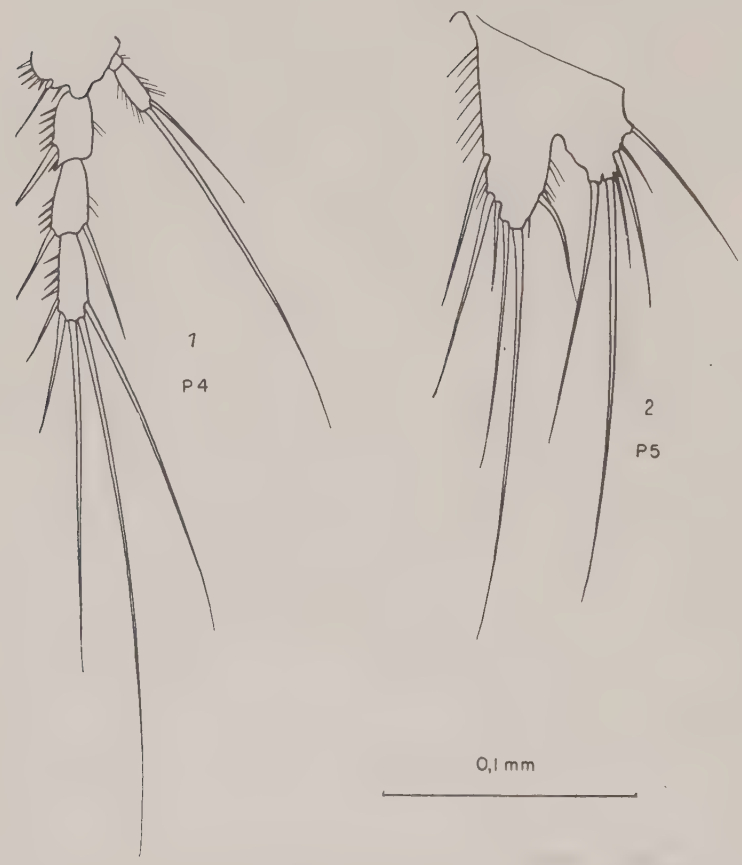


Abb. 23. *1* und *2* *Cletocamptus gabrieli* n. sp. (Schah-kenar, Gavkhaneh-Gebiet)

Innenrandborsten finden sich nur an den mittleren Gliedern der Exp., sie fehlen mit Ausnahme von P 1 an den ersten Gliedern der Enp. Am P 1 ist der Enp. etwas länger als der Exp., sein erstes Glied nicht ganz so lange wie das zweite. Das 5. Beinpaar trägt insgesamt 12 Borsten und ist außerdem noch an seinen Rändern mit weiteren feinen und kurzen Börstchen bewehrt.

Die Länge der Weibchen beträgt 650—700 μ (ohne Furcalborsten), die lange Furcalborste mißt 370, die äußere 150 μ. Die Männchen sind unbekannt. Die Art ist zu Ehren des Iranforschers Herrn Prof. A. GABRIEL benannt.

Die Art steht durch nicht miteinander verwachsene Furcalborsten, durch Bewehrung der Segmente und Beborstung des 5. Beinpaares der süd- und mittelamerikanischen Art *C. deitersi* (RICHARD) nahe, von der sich unsere Art u. a. hauptsächlich durch das Operculum unterscheidet: dieses hat hier an der Basis eine Dornenreihe, während *C. deitersi* feine Dörnchen am freien Rand des Operculums trägt. Differenzen dürften auch in der Ausbildung des Exp. der 2. Antenne bestehen, wenngleich für *C. deitersi* hier eine variable Ausbildung gemeldet wurde. Bisher waren *Cletocamptus*-Arten mit nicht verwachsenen Furcalborsten nur aus Amerika und Südafrika bekannt, die Ähnlichkeit der neuen iranischen Form mit einer amerikanischen mag jedoch vielleicht nur für die Weibchen gelten.

Tabelle 5. Liste der in dieser Arbeit erwähnten Entomostraken

Geklammert frühere Funde:
B : Brehm (1936)
Br : Bronstein (1925)
C : Chappuis (1954)
D : Daday (1915)
De: Decksbach (1930)
Gü: Günther (1900)
G_2 : Gurney (1921a, Seistan)
G_1 : Gurney (1921b, Kaspigebiet, Kaswin)
H : Hemsen (1952)
K : Klie (1937b)
Li : Lindberg (1936, 1942, 1957)
L_1 : Löffler (1956)
L_2 : Löffler (1959b)
P : Plattner (1955a,b)
R : Rylov (1928)
S : Sars (1897, 1902)

Artemia salina (L.), Rezaiyeh-See, (Gü, P, L_1, L_2)
Branchinecta orientalis Sars, Tuzlu-Göl
Eocyzicus orientalis Daday, Hamunsee, (D)
Leptestheria dahalacensis Rüppel, Miandoab
Diaphanosoma brachyurum (Lievin), Hamun-See, Famur-See, Zeribar, Malek-kand (L_1, L_2, H)
Daphnia atkinsoni Baird, Tuzlu-Göl
Daphnia similis Claus, Hamun-Gebiet, Bam ?
Daphnia magna Straus, Hamun-Gebiet, Schah-dad, Binab (G_1, G_2, H, L_1)
Daphnia longispina O. F. M., Hamun-Gebiet ? (G_1, G_2 (var. rosea), De, H)
Scapholeberis mucronata (O. F. M.), Hamun-See, Zeribar, Tatawi-Tschai (L_2)
Simocephalus vetulus (O. F. M.), Hamun-Gebiet, Tatawi-Tschai (G_1, G_2, De, R, H, L_2)
Simocephalus exspinosus (Koch), Binab (L_1)
Ceriodaphnia cornuta Sars, Hamun-See, Famur-See
Ceriodaphnia dubia Richard, Hamun-Gebiet
Ceriodaphnia reticulata (Jurine), Hamun-Gebiet, Isfahan-Gebiet, Zeribar, Famur-See (G_1, G_2, De, L_2)
Moina brachiata (Jurine), Tah-rud, Bam
Moina dubia (Richard), Hamun-Gebiet
Moina rectirostris Leydig, Kerman-Gebiet, Binab (B, L_1)
Moina salinarum Gurney, Lulunar-Göl
Bosmina longirostris (O. F. M.), Zeribar (G_2)
Ilyocryptus sordidus (Lievin), Hamun-See (L_2)
Macrothrix rosea (Jurine), Malek-kand (L_2)
Macrothrix spinosa King, Famur, Schah-pur, Zeribar, Tatawi-tschai (H ?)
Macrothrix triserialis Brady, Binab
Monospilus dispar Sars, Hamun-See
Dunhevedia crassa King, Famur-See
Leydigia acanthoceroides (Fischer), Famur-See, Zeribar
Alona affinis Leydig, Zeribar
Alona pulchella King, Hamun-See ?, Zeribar, Tatawi-Tschai
Alona rectangula Sars, Tahrud, Kerman-gebiet, Isfahangebiet, Schah-dad, Tatawi-Tschai (G_1, H, L_1, L_2)
Oxyurella tenuicaudis Sars, Famur-See
Alonella excisa (Fischer), Zeribar (G_1, R, H)
Pleuroxus aduncus (Jurine), Hamun-Gebiet, Tümpel östl. Zeribar (H)
Pleuroxus trigonellus (O. F. M.), Famur-See
Chydorus barroisi Richard, Hamun-See (L_2)
Chydorus sphaericus (O. F. M.), Hamun-Gebiet, Tatawi-Tschai (G_1, De, R, B, H, L_2)
Cercopagis tenera Sars, Hafen, Pahlawi
Polyphemis exiguus Sars, Hafen, Pahlawi
Evadne anonyx Sars, Hafen, Pahlawi
Evadne camptonyx attenuata Sars, Hafen Pahlawi
Evadne trigona Sars, Hafen Pahlawi
Evadne trigona pusilla Sars, Hafen, Pahlawi
Calanipeda aquaedulcis Kritschagin, Murdab (R, H)
Metadiaptomus asiaticus (Uljanin), Hamun-See
Phyllodiaptomus blanci Poppe, Hamun-See
Arctodiaptomus salinus Daday, Famur, Lulunar-Göl (L_1, L_2)
Sinodiaptomus sarsi (Rylov), Zeribar
Halicyclops sarsi Akatova, Murdab (H)
Halicyclops neglectus Kiefer, Murdab (R ?, H. aequoreus)
Halicyclops spinifer Kiefer, Gorg (Li)
Macrocyclops albidus (Jurine), Hamun-Gebiet, Kerman-Gebiet, Kizil-Uzun, Zeribar (Li, L_2)
Eucyclops serrulatus (Fischer) meiste Fundorte (G_1, R ?, Li, H, L_1, L_2)
Tropocyclops prasinus (Fischer), Isfahan-Gebiet (L_2)

Tabelle 5 (Fortsetzung)

Paracyclops fimbriatus (Fischer), Famur-See, Zeribar ?, Tümpel östl. Zeribar (Li, H, L_2)

Ectocyclops phaleratus (Koch), Zeribar-Gebiet (Li)

Cyclops strenuus s. lat., juv., Zeribar (G_2 ?)

Megacyclops viridis (Jurine), Hamun-Gebiet, Isfahan-Gebiet, Binab (G_1, G_2, R, Li, H, L_1, L_2)

Diacyclops bisetosus Rehb., Gavkhaneh-Gebiet, Lagune Rezaiyeh-See (Li)

Diacyclops languidoides Lillj., Zeribar

Microcyclops varicans Sars, Hamun-Gebiet, Murdab (Li)

Microcyclops bicolor Sars, Isfahan-Gebiet, Zeribar, Tatawi-Tschai, (R, G_1, Li, L_2)

Microcyclops rubellus Lillj., Murdab.

Microcyclops karvei Kiefer, Hamun-Gebiet (Li, H)

Metacyclops minutus Claus, Tuzlu-Göl, Miandoab, Binab (Li)

Apocyclops dengizicus (Lepeschkin), Lut, Gavchaneh-Gebiet (Li, L_2)

Mesocyclops leuckarti (Claus), Kermanschah-Gebiet ?, Murdab (G_2 ?, Li, H)

Mesocyclops leuckarti aequatorialis Kiefer, Hamun-Gebiet, Schah-dad, Famur ?

Thermocyclops rylovi Smirnov, Schah-dad (Li)

Thermocyclops rylovi vermifer Lindberg, Hamun-Gebiet ?, Schah-dad (Li, L_1)

Thermocyclops dybowskii (Lande), Zeribar (Li)

Schizopera neglecta Akatova, Murdab (H)

Ectinosoma abrau (Kritschagin), Kaspimeer bei Pahlawi (H)

Nitocra lacustris (Schmankewitsch), Gavkhaneh-Gebiet, Lagune Rezaiyeh (C, L_2)

Cletocamptus retrogressus Schmankewitsch, Lut, Isfahan-Gebiet, Lulunar-Göl (L_1, L_2)

Cletocamptus gabrieli n. sp., Gavkhaneh-Gebiet

Nannopus palustris Brady, Gavkhaneh-Gebiet (H ?, C)

Limnocletodes behningi Borutzky, Hafen Pahlawi (H)

Onychocamptus mohammed (Blanchard & Richard), Murdab (C, L_1, L_2)

Bryocamptus minutus (Claus), Hamun-See (C, L_2)

Candona parallela G. W. Müller ?, Hamun-See ?, Miandoab ?

Candona neglecta Sars, Zeribar, Lulunar ?

Ilyocypris biplicata Koch, Schah-dad, Kerman-Gebiet, Famur-See, Gavkhanen-Gebiet (L_2 ?)

Ilyocypris bradyi Sars, Dschingis-Göl, Sabzawaran, Reina (Elburs) (G_2)

Ilyocypris decipiens Masi, Tahrud, Tuzlu-Göl (B ?)

Ilyocypris divisa Klie, Hamun-Gebiet

Cypris pubera O. F. M., Kerman-Gebiet (G_1, Br, B)

Eucypris inflata (Sars), Lulunar-Göl (L_2)

Heterocypris incongruens (Ramdohr), Lut-Becken, Kerman-Gebiet, Rezaiyeh-Bekken, Lahidschan (Proben v. 1949) (K, L_2)

Heterocypris barbara (Gauthier), östl. Isfahan (Kuh-pajeh)

Cyprinotus salinus (Brady), Famursee ?, Gavkhaneh-Gebiet, Lagune Rezaiyeh-See, Miandoab, Sabzawaran (Probe von 1949)

Cyprinotus cf. *fretensis* (Brady & Robertson), Reina (Elburzgebirge), Probe von 1949

Herpetocypris reptans (Baird), Tuzlu-Göl, Dschingis-Göl, Yald-e Khast ?, Sabzawaran (Probe von 1949) (G_1, G_2, Br)

Cypria lacustris Sars, Zeribar.

Cyclocypris ovum G. W. Müller, Zeribar (K, L_2)

Cypridopsis aculeata (Costa), Famur-See

Cypridopsis vidua (O. F. M.), Isfahan-Gebiet ?, Zeribar, Kizil-Uzun, Lahidschan (Proben von 1949)

Potamocypris almasyi Daday, Zabol, Schah-dad

Darwinula stevensoni (Brady & Robertson), Zeribar, (L_2)

Limnocythere inopinata (Baird), Schah-dad ?, Famur-See ?, Gavkhaneh-Gebiet ? Zeribar ?, Guru-göl (Probe von 1949) (L_2)

Limnocythere sancti-patricii Brady & Robertson, Hamun-See, (L_2 ?)

Cyprideis litoralis litoralis (Brady), Famur-See, Gavkhaneh-Gebiet, Murdab (L_2)

Cytheromorpha fuscata Brady, Murdab-Kaspimeer (Schalen)

102 Arten und Unterarten, 39 Arten neu für Iran + einer unsicheren Art

Außerdem sind aus Iran noch weitere, hier nicht aufgezählte Arten bekannt (Tab. 6):

Tabelle 6. Weitere aus Iran bekannte, in Tabelle 5 nicht enthaltene Entomostraken

Branchipus stagnalis L., Golfgebiet (B)
Streptocephalus auritus Koch, Golfgebiet (B)
Streptocephalus auritus var. *areva* Brehm, Golfgebiet (B)
Leptestheria tenuis Sars ?, Hamun-Gebiet (G_2)
Daphnia pulex Leydig, Guru-Göl (L_1)
Daphnia obtusa Kurz, Kaspigebiet (G_1, H)
Scapholeberis aurita (Fischer), Kaspigebiet, (G_1)
Simocephalus serrulatus (Koch), Kaspigebiet, Pulvar-See H, L_2)
Ceriodaphnia pulchella Sars, Seistan (G_2)
Ceriodaphnia reticulata serrata (Sars), Kaspigebiet Pulvar-See (H)
Ceriodaphnia quadrangula (O. F. M.), Elburzgebirge (L_1)
Moina esau dschirofti Hemsen, Sabzawaran (H)
Ilyocryptus agilis Kurz, Kaspigebiet (H)
Macrothrix hirsuticornis Norman & Brady, Zagroz-Gebirge (L_2)
Alona guttata Sars, Kaspigebiet, Pulvar-See (G_1, H, L_2)
Alona costata Sars, Pulvar-See (L_2)
Alonella exigua Lillj. (De)
Chydorus latus Sars, Kaspigebiet (H)
Eudiaptomus vulgaris Schmeil, Kaspigebiet (G_1)
Eudiaptomus atropatenus Weisig, Kaspigebiet, Nordhang Elburz (B, H)
Arctodiaptomus toni Brehm, Elburz (B)
Arctodiaptomus spinosus Daday, Guru-Göl (L_1)
Hemidiaptomus superbus hyrcanensis Brehm, Elburz (B)
Eurytemora velox Lillj., Murdab (R)
Eucyclops euacanthus Sars (Li)
Eucyclops farsicus Lindberg (Li)
Eucyclops elburziensis (Lindberg) (Li)
Eucyclops agiloides Sars (Li)
Eucyclops macruroides (Lillj.) (Li)
Eucyclops serrulatus speratus (Lillj.) (Li, L_2)
Tropocyclops confinis Kiefer (Li)
Ectocyclops phaleratus f. *rubescens* (Brady) (Li)
Cyclops furcifer caspicus (Lindberg), Kaspigebiet (Li)
Cyclops vicinus vicinus Uljanin, Kaspigebiet (R)
Cyclops strenuus divergens Lindberg (Li, L_1)
Cyclops strenuus tatricus Kosminski ?, Elburz (L_1)
Acanthocyclops vernalis Fischer (G_1, Li, H)
Diacyclops bicuspidatus Claus (R, Li, H)
Diacaclops bicuspidatus odessanus Schmak., (R, Li)
Microcyclops richardi Lindberg (Li)
Microcyclops bicolor linjanticus (Kiefer) (Li)
Metacyclops planus Gurney (Li)
Metacyclops grandispinifer Lindberg (Li)
Thermocyclops tinctus Lindberg (Li)
Thermocyclops microspinulosus Lindberg (Li)
Euterpina acutifrons (Dana), Golf (C)
Horsiella brevicornis van Douwe, Niriz-Gebiet (L_2)
Nitocra hibernica Brady, Kaspigebiet (C)
Nitocrella mara Löffler, Niriz-Gebiet (L_2)
Nitocrella iranica Löffler, Niriz-Gebiet (L_2)
Cletocamptus confluens (Schmeil) (C, L_2)
Canthocamptus staphylinus Jurine (G_1, B, H, C)
Bryocamptus zschokkei (Schmeil) (C)
Bryocamptus zschokkei orientalis Chappuis, Zagroz-Gebirge (L_2)
Bryocamptus luenensis (Schmeil) (C)
Attheyella crassa Sars., Aserbaidschan (C)
Notodromas persica Gurney, Kaspigebiet (G_1)
Cypris bispinosa Lucas, Kaspigebiet (Br)
Cypris maculosa Bronstein, Kaspigebiet (Br)
Eucypris persica Klie, Elburz (K)
Eucypris virens (Jurine), Kaspigebiet (G_1)
Eucypris clavata (Baird), Sistan (G_2)
Eucypris lutaria (Koch), Zagros-Gebirge (L_2)
Dolerocypris sinensis Sars, Kaspigebiet (Br)
Stenocypris fischeri (Lillj.), Zagroz-Gebirge (L_2)

Herpetocypris chevreuxi (SARS) (= *tarnogradsky* BRONSTEIN), Kaspigebiet (Br)
Strandesia vavrai persica BRONSTEIN, Kaspigebiet (Br)
Cypria ophthalmica (JURINE), Elburz, Zagroz, Niriz-Gebiet (K, L_2)
Potamocypris variegata (BRADY & NORMAN), Kaspigebiet (G_1)
Potamocypris villosa (JURINE), Seistan (G_2)
Potamocypris arcuata SARS, Elburz (K)
Cyprideis litoralis torosa (BRADY & ROBERTSON), Niriz-Gebiet (L_2)
Cythere triangulata LÖFFLER, Niriz-Gebiet (L_2)
= 69 Arten (*Cyclops strenuus tatricus* ist unsicher.[1])

Während Cladoceren und Cyclopiden nunmehr zum größeren Teil bekannt sein dürften — einige Arten sind noch mit Sicherheit zu erwarten (etwa *D. lumholtzi*) — ist die Kenntnis der Anostraken, der Notostraken (keine Art bisher bekannt), der Conchostraken und Calaniden noch immer recht dürftig, da die hauptsächlichen Aufsammlungen aus Zisternen (LINDBERG) und Salzseen vorliegen. Das Studium der iranischen Bergseen läßt noch zahlreiche neue Diaptomiden erwarten, Untersuchungen an temporären und süßen bis leicht salzigen Tümpeln werden besonders Conchostraken und Notostraken einbringen.

Die jahreszeitliche Verteilung der Arten ist derzeit noch wenig bekannt, doch lassen die winterlichen Aufsammlungen von LINDBERG (1939/40) erkennen, daß mehrere bei uns nur wenige Monate in warmen Gewässern existierende Formen, wie *Metacyclops planus*, im „Gärmsir" Irans das ganze Jahr über anzutreffen sind. Umgekehrt erreichen in Iran mehrere Formen ihre klimatisch bedingte Südgrenze, wie etwa *Canthocamptus staphylinus*, der in den warmen Gebieten Irans nur wenige Wintermonate hindurch zu existieren scheint. Noch aber liegen zu wenige Beobachtungen vor, um die jahreszeitlich bedingten Artenaspekte der iranischen Klimastufen einander gegenüberstellen zu können.

14. Zusammenfassung

In einer Übersicht über die iranischen Seen wird zunächst festgestellt, daß der größte Teil dieser Gewässer zwischen 800 und 2500 m Seehöhe liegt und 30, vielleicht sogar 50% aller Seen meso-hyperhalin sind. Von den insgesamt höchstens 70 Binnengewässern ist keines ein Reliktsee, jedoch kann für den Hamun-, den Rezaiyehsee und vielleicht auch den Zeribar ein höheres Alter (spätes-, frühes Pleistozän?) angenommen werden. Im Fall des Hamun-Sees ist zumindest eine räumliche Diskontinuität als gesichert anzusehen. Ob die drei genannten Seen von kurzfristigen Austrocknungen betroffen waren, steht noch nicht fest.

In 5 Abschnitten werden die Gewässer des Seistan-, des Lut-, des Famur-, des Isfahan-Sirjan- und des Rezaiyeh-Beckens dargestellt, ihre chemischen Daten, sowie Angaben über Phyto- und Zooplankton, Bodenfauna und Litoral geliefert. In zwei weiteren Abschnitten werden einerseits der bereits außerhalb der abflußlosen Räume gelegene Zeribar-See in Kurdistan als einziger Süßwassersee Irans unter 2000 m Seehöhe, andererseits Murdab, das große Kaspihaff im Gebiet von Pahlawi, limnologisch skizziert.

[1]) Eine während der Drucklegung aus Ozbah-Kuh, nördlich Firdaus (Khorassan), coll. Dr. A. RUTTNER, IV., V. 1960, bearbeitete Entomostrakensammlung, hauptsächlich aus Salzquellen, erbrachte für diese Liste zusätzlich *Cypridopsis parva* G. W. MÜLLER. Außerdem aber nur häufige, von Iran bereits bekannte Formen:

Ilyocypris sp. (Schalen)
Candona juv.
Heterocypris salina
Heterocypris incongruens
Herpetocypris reptans
Potamocypris arcuata
Eucyclops serrulatus
Ectocyclops phaleratus f. rubescens
Nitocra lacustris
Alona rectangula

Eine klimatisch-ökologische Analyse der Verbreitung mehrerer Entomostrakenarten in Iran zeigt vor allem, daß die Begrenzung einiger Arten gut durch die Ausdehnung prekärer Dattelpflanzungen, gegen die kühleren Klimate zu, dargestellt werden kann. Ein Großteil der Formen läßt sich ebenso wie im Seewinkel (Burgenland) in die Zonen mit mindestens 1 bis 2monatiger ungebrochener Wärmeperiode bei etwa 20 °C einordnen. Schließlich zeichnen sich für die iranischen Hochgebirge kalt stenotherme Formen ab, die, soweit nun schon Angaben aus dieser Klimastufe vorliegen, weitgehend auch aus europäischen Gebirgen bekannt sind.

Die Beschreibung zahlreicher Salzwässer Irans gibt Anlaß, die Toleranz der Entomostraken für Salinität, Chlorinität und SBV zu untersuchen: die entsprechenden Daten werden für 183 Arten zusammengestellt und graphisch erfaßt. Folgende Ergebnisse seien hier wiederholt:

1. Die Mehrzahl der Entomostraken toleriert Salinitäten bis zu 1‰ (ausgenommen Carbonat-Salinität), weswegen die Süßwassergrenze (wenigstens in limnologischer Sicht) bei dieser Konzentration festgelegt werden sollte.

2. Ein Großteil der Arten fällt dagegen unterhalb einer Salinität von 0,05‰ bis 0,1‰ aus, welcher Bereich als „hyperlimnisch", seine Bewohner (die teilweise leitformmäßig auftreten) als „anhaline Limnobien" (nach Remane 1958) zu bezeichnen wären.

3. Die Artenzahl-Anionenkonzentrationsdiagramme lassen erkennen, daß die im marinen Bereich sehr signifikanten Grenzen zwischen Brack- und euhalinem Bereich einerseits, sowie jene zwischen euhalinem und hyperhalinem Bereich andererseits für Binnenwässer in keiner Weise durch Qualitätsänderung der Entomostrakenfauna zum Ausdruck kommen. Aus dem Konzentrationsbereich oberhalb 35‰ sind bis jetzt erst 22 Entomostrakenarten der Binnengewässer bekannt.

4. Der Verlauf der Kurven in den erwähnten Diagrammen für Salinität, Chlorinität, SBV und wahrscheinlich auch Sulfate ist ähnlich, doch erfolgt die Artenabnahme bei zunehmendem SBV (ausgedrückt in Carbonat-Salinität) unvergleichlich rascher als bei denselben Chlorid- oder gar Sulfatkonzentrationen. Das Salinitäts-Artenzahldiagramm ist in seinem Kurvenverlauf mehr oder weniger (gegenseitige Beeinflussung der Ionen in ihrer Verträglichkeit für Organismen) Resultierende der übrigen Kurven.

5. Die alkalo-(„natronophilen") und Alkalicarbonat-tolerierenden Entomostraken werden aufgezählt, die unter den Calaniden weitaus häufiger zu sein scheinen als unter Cyclopiden und Harpacticiden (ausgesprochen natronophile Formen sind unter letzteren überhaupt nicht bekannt).

6. Halophilie und erhöhte Salztoleranz ist vielfach für ganze systematische Einheiten kennzeichnend, etwa die Ctenodaphnien, *Meta-* und *Apocyclops*-Arten.

In einem weiteren Abschnitt wird gegen die Auffassung, sämtliche Gewässer mittleren Salzgehalts als Brackwässer zu bezeichnen, Stellung genommen und der Gegensatz salinarer Binnenwässer zu marinem Brackwasser hinsichtlich der Entomostrakenfauna hervorgehoben, wofür zahlreiche Beispiele geliefert werden. Die Ursachen hierfür sind sowohl ausbreitungsökologischer Art als auch Konkurrenz, die viele Bewohner salinarer Binnengewässer zu hindern scheint, in marine Brackwasserräume erfolgreich einzudringen. Das Argument bei Schmitz (1959), daß in Bereichen athalassohaliner Ionenzusammensetzung (wie Aral- und Kaspimeer) auch zahlreiche marine Bewohner existieren, kann damit entkräftet werden, daß diese Formen zum überwiegenden Teil Endemismen mit wahrscheinlich vielfach veränderten physiologischen Eigenschaften sind.

Abschließend wird zu systematischen Fragen Stellung genommen, eine neue Art, *Cletocamptus gabrieli*, beschrieben und eine Liste (Tab. 5 und 6) aller bisher aus Iran bekannten Entomostraken geliefert.

Literatur

Abich, H., 1856: Vergleichend chemische Untersuchungen des Wassers des Kaspischen Meeres, Urmia- und Vansees. Mém. Acad. St. Pétersbourg VI, **9**.

Anderson, C. G., 1958a: Some limnological features of a shallow saline meromictic lake. Limnol. Oceanogr. **3**, 3.

— 1958b: Seasonal characteristics of two saline lakes in Washington. Limnol. Oceanogr. **3**, 1.
ANNANDALE, N., 1921a: Geographical introduction, in: Report on the Aquatic Fauna of Seistan. Rec. Ind. Mus. **18**.
— 1921b: The Aquatic Fauna of Seistan, ebenda.
— 1921c: Notes on Fish of the genus *Discognathus* from India and Persia, ebenda.
— 1921d: Sponges, Hydrozoa and Polyzoa of Seistan, ebenda.
— 1928: Fauna of the Chilka Lake. Mem. Ind. Mus. **5**.
— u. HORA, S. L., 1921: The Fish of Seistan. Rec. Ind. Mus. **18**.
PRASHAD, B., u. KEMP, S. W., 1921: The Molluscs of the Inland Waters of Baluchistan and of Seistan, with a note on the Liver-fluke of Sheep in Seistan, ebenda.

APSTEIN, C., 1907: Das Plankton im Colombo-See auf Ceylon. Zool. Jahrb. Syst. **25**.
BAER, K. E. von, 1865: Nachrichten über Leben und Schriften des . . ., mitgetheilt von ihm selbst. Veröffentlicht . . . von der Ritterschaft Estlands. St. Petersburg.

BEADLE, L. C., 1932: Scientific Results of the Cambridge Expedition to the East African Lakes, 1930—1.—4. The Waters of some East African Lakes in Relation to their Fauna and Flora. J. Linn. Soc. **38**.
— 1943a: An Ecological Survey of some Inland Saline Waters of Algeria. J. Linn. Soc. **41**.
— 1943b: Osmotic Regulation and the Faunas of Inland Waters. Biol. Review **18**.

BEHNING, A. L., 1933: Die in den letzten Jahren in der UdSSR ausgeführten Untersuchungen von einzelnen größeren Seen, I., II., III. Int. Rev. Hydrobiol. **29**.
— 1935: Materialien zu einer Fischereikarte des Aral-Sees (russisch). Rep. Aralsee Div. Inst. Marine fisheries IV.

BERG, L., 1925: Description d'une nouvelle espèce du genre Alburnus (Pisces) provenant du bassin du lac d'Ourmi. Ann. Mus. Zool. Acad. Sci. URSS. **26**.

BOBEK, H., 1936: Die Landschaftsgestaltung des südkaspischen Küstenlandes. Länderkundliche Forschung, Festschr. Norbert Krebs.
— 1937: Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran. Z. Gletscherkde **25**.
— 1951: Die natürlichen Wälder und Gehölzfluren Irans. Bonner Geogr. Abh. **8**.
— 1952: Beiträge zur klima-ökologischen Gliederung Irans. Erdkunde **6**.
— 1955: Klima und Landschaft Irans in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Geogr. Jber. Österr. **25**.
— 1956: Reise in Süd- und Westpersien 1956. Mitt. Geogr. Ges. Wien **98**.
— 1957: Die Takht-e Sulaimangruppe im mittleren Alburzgebirge, Nordiran. Festschr. Hundertjahrfeier Geogr. Ges. Wien.
— 1959: Features and Formation of the Great Kawir and Masileh. Arid Zone Res. Centre **2**.

BREHM, V., 1914: Cladoceren und Ostracoden aus Balutschistan. Zool. Anz. **43**.
— 1930: Einführung in die Limnologie. Biol. Studienbücher **10**.
— 1933: Die Cladoceren der deutschen limnologischen Sundaexpedition. Arch. Hydrobiol. Suppl. **11**.
— 1937: Süßwasserorganismen aus dem Elbursgebirge. Zool. Anz. **117**.
— 1938: Über die Süßwasserfauna von Kurdistan I., II., ebenda **121**.
— 1953a: Indische Diaptomiden, Pseudodiaptomiden und Cladoceren. Österr. Zool. Z. **4**.
— 1953b: Bemerkungen zu den tiergeographischen Verhältnissen der indischen Süßwasser-Calanoiden, ebenda.
— 1954: Filopodos de Iran recolectados por el Dr. K. Lindberg. Publ. Inst. Biol. Aplicada **16**, Barcelona.

BRONSTEIN, Z. S., 1925: Beiträge zur Kenntnis der Ostracodenfauna der UdSSR und Persiens. Arch. Naturgesch. **91**.
— 1947: Ostracodes des eaux douces. Faune de l'URSS, Crustacea II.
BROOKS, J. L., 1957: The Systematics of North American Daphnia. Mem. Conn. Acad. Sci. **13**.
BUXTON, P. A., 1921: Notes on Birds from Northern and Western Persia. J. Bombay Nat. Hist. Soc. **27**.
CARPELAN, L. H., 1957: Hydrobiology of the Alviso salt ponds, San Francisco Bay. Ecology **38**.

CASPERS, H., 1951: Quantitative Untersuchungen über die Bodentierwelt des Schwarzen Meeres im bulgarischen Küstenbereich. Arch. Hydrobiol. **45**.
— 1957: Die Einteilung der Brackwasser-Regionen in einem Ästuar. Arch. Oceanogr. Limnol. **11**. Suppl.
CHAPPUIS, P. A., 1954: Copépodes harpacticoides des Indes et de l'Iran. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse **89**.
COLDITZ, F. V., 1914: Beiträge zur Biologie des Mansfeldes Sees. Z. wiss. Zool. **108**.
DADAY, E., 1903: Mikroskopische Süßwassertiere aus Kleinasien. Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, math. nat. Kl., I, **92**.
— 1904: Mikroskopische Süßwassertiere aus Turkestan. Zool. JB. Syst. **19**.
— 1915—1926: Monographie systématique des Phyllopodes conchostraés. Ann. Sci. Nat. Paris IX, **20**, X, **6**, **8**, **9**.
DECKSBACH, N. K., 1924: Seen und Flüsse des Turgai-Gebietes (Kirgisensteppe). Verh. Int. Ver. Limnol. **2**.
— 1926: Zur Verbreitung von *Daphnia carinata* KING und *Daphnia lumholtzi* SARS. Zool. Anz. **69**.
— 1930: Zur Cladocerenfauna von Kaukasus und Nordpersien. Trav. Stat. Biol. Caucase Nord **2**.
DEJDAR, E., 1934: Die Süßwassermeduse *Craspedacusta sowerbii* LANKESTER in monographischer Darstellung. Z. Morph. Ökol. **28**.
DELACHAUX, TH., 1919: Cladocères des Andes Péruviennes. Bull. Soc. sic. Neuchatel **43—44**.
DERKOSCH, J., u. LÖFFLER, H., 1961: Funkenspektralanalytische Untersuchungen andiner und iranischer Binnengewässer. Arkiv för Geofysik **3**.
DOBBIN, C. N., 1941: Freshwater Ostracoda from Washington and other western localities. Univ. Wash. Publ. Biology **4**.
VAN DOUWE, C., 1905: Copepoden von Transkaukasien, Transkaspien und Turkestan. Zool. Jb. Syst. **22**.
EDLAUER, Ä., 1957: Konchyologische Bestimmungen und Beschreibungen. In: Ergebnisse der Österreichischen Iranexpedition 1949/50. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl. I, **166**.
FREY, D. G., 1959: The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the chydoridae. Int. Rev. Hydrobiol. **44**.
GABRIEL, A., 1957: Ein Beitrag zur Gliederung und Landschaftskunde des innerpersischen Wüstengürtels. Festschr. Hundertjahrfeier Geogr. Ges. Wien.
GAUTHIER, H., 1928a: Les Copépodes des eaux douces et saumâtres de l'Algérie et de la Tunisie. C. R. som. Soc. Biogéog. **35**.
— 1928b: Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Alger.
— 1928c: Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord, I, II. Bull. Soc. hist. nat. Afrique Nord **19**.
— 1930: Mission saharienne Augièras-Draper, Cladocères, Ostracodes, Phyllopodes anostracés et conchostracés. Bull. Mus. hist. nat. Paris **11**.
— 1938: Ostracodes continentaux récoltés par M. Monod au Sahara occidental et en Mauritanie. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc **18**.
1955: Essai sur la variabilité, l'écologie, le déterminisme du sexe et la reproduction de quelques Moina (Cladocères) récoltées en Afrique et à Madagascar. Alger.
— u. BREHM, V., 1928: Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord, III. Bull. Soc. hist. nat. Afrique Nord **19**.
GESSNER, F., 1955a: Das Plankton des Lago Maracaibo. Erg. deutsche limnol. Venezuela-Exp. 1952.
— 1955b: Die limnologischen Verhältnisse in den Seen und Flüssen von Venezuela. Verh. Int. Ver. Limnol. **12**.
— 1957: Van Gölü. Zur Limnologie des großen Soda-Sees in Ostanatolien. Arch. Hydrobiol. **53**.
— 1959: Hydrobotanik II. Berlin.

GIBITZ, A., 1922: Verbreitung und Abstammung mariner Cladoceren. Verh. Zool. Bot. Ges. Wien **71**.

GROCHMALICKI, J., 1912: Cypris nusbaumi n. sp., eine neue Ostrakodenart aus einer Schwefelquelle. Zool. Anz. **39**.

DE GUERNE, J., u. RICHARD, J., 1896: Diaptomus blanci, Copépode nouveau recueilli par E. Blanc à Boukhara. Bull. Soc. zool. France **19**.

GÜNTHER, R. T., 1900: Contributions to the Natural History of Lake Urmi, N. W. Persia and its Neighbourhood. J. Linn. Soc. **27**.

— u. MANLEY, J. J., 1899: On the Waters of the Salt Lake of Urmi. Proc. R. Soc. **65**.

GURNEY, R., 1907: Further notes on Indian freshwater Entomostraca. Rec. Ind. Mus. **1**.

— 1921a: List of Entomostraca collected in Seistan and the Baluch Desert. Rec. Ind. Mus. **18**.

— 1921b: Fresh-Water Crustacea collected by Dr. P. A. Buxton in Mesopotamia and Persia. J. Bombay Nat. Hist. Soc. **27**.

— 1927: Report on the Crustacea Copepoda of Brine-pools at Kabret. Trans. Zool. Soc. **2**.

HALBFASS, W., 1923: Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde. Berlin.

HARDING, J. P., 1955: Crustacea: Cladocera, in: Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. Trans. Linn. Soc. **1**, 3.

— 1957: Crustacea: Cladocera, in: Exploration hydrobiologique du lac Tanganika. Inst. R. Sci. Nat. Belgique **3**, 6.

— 1958: A key to the British species of freshwater cladocera. Freshwater Biol. Ass. **5**.

HARRISON, 1943: The Jaz Murian depression, Persian Baluchistan. Geogr. J. **101**.

HEMSEN, J., 1952: Cladoceren und freilebende Copepoden der Kleingewässer und des Kaspisees, in: Ergebnisse der Österr. Iranexpedition 1949/50. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Math. Nat. Kl., I, **161**.

HUMLUM, J., 1959: La géographie de l'Afghanistan. Scandinavian University Books.

HUTCHINSON, G. E., 1937a: Limnological studies in Indian Tibet. Int. Rev. Hydrobiol. **35**.

— 1937b: A contribution to the limnology of arid regions primarily founded on observations made in the Lahontan Basin. Trans. Conn. Acad. Arts Sci. **33**.

— 1957: A treatise on limnology I. New York.

—, PICKFORD, G. E., u. SCHUURMAN, J. F. M., 1932: A contribution to the hydrobiology of pans and other inland waters of South Africa. Arch. Hydrobiol. **24**.

JENKIN, P. M., 1932: Reports on the Percy Sladen Expedition to some Rift Valley Lakes in Kenya in 1929. I. Introductory Account of the Biological Survey of Five Freshwater and Alkaline Lakes. Ann. Mag. Nat. Hist. 10, **9**.

— 1934: IV. Cladocera from the Rift Valley Lakes in Kenya, ebenda **13**.

— 1936: VII. Summary of the Ecological Results, with Special Reference to the Alkaline Lakes, ebenda **18**.

KAHL, H., 1928: Ciliata der Oldesloer Salzwasserquellen. Arch. Hydrobiol. **19**.

— 1933: Ciliata libera et ectocommensalia. GRIMPE & WAGLER Tierw. Nord- u. Ostsee. — Leipzig.

KERTESZ, G., 1955: Die Anostraca-Phyllopoden der Natrongewässer bei Farmos. Acta Zool. Acad. Sci. Hung. **1**.

KIEFER, F., 1928: 5. Beiträge zur Copepodenkunde (IX). Zool. Anz. **76**.

— 1929: Crustacea Copepoda 2. Cyclopoida Gnathostomata. Tierreich, 53. Lieferung.

— 1932: Versuch eines Systems der Diaptomiden. Zool. Jb. Syst. **63**.

— 1933: Süß- und Brackwassercopepoden von Bonaire, Curacao und Aruba. II. Cyclopoida. Ebenda **64**.

— 1936a: Freilebende Süß- und Salzwassercopepoden von der Insel Haiti. Mit einer Revision der Gattung Halicyclops NORMAN. Arch. Hydrobiol. **30**.

— 1936b: Indische Ruderfußkrebse II. Zool. Anz. **113**.

— 1936c: Indische Ruderfußkrebse III. Zool. Anz. **113**.

— 1938: Eine neue Diaptomidenform aus Bulgarien. Zool. Anz. **123**.

— 1952: Freilebende Ruderfußkrebse aus türkischen Binnengewässern. I. Calanoida. Veröff. Inst. Hydrobiol. Nat. Fak. Univ. Istanbul, B, **1**.

— 1955: Freilebende Ruderfußkrebse aus türkischen Binnengewässern. II. Cyclopoida und Harpacticoida, ebenda **2**, 4.
— u. Moorthy, V. N., 1935: Eine neue Art der Gattung Cyclops aus Indien. Zool. Anz. **111**.
Klie, W., 1925: Die Entomostraken der Salzgewässer von Oldesloe. Mitt. Geogr. Ges. Nat. hist. Mus. Lübeck, II, 30.
— 1926: Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Süßwasser-Ostracoden Rußlands. Arb. Biol. Wolga Stat. **9**.
— 1930: Ostracoden aus dem paraguayischen Teile des Gran Chaco. Arch. Hydrobiol. **22**.
— 1933: Süß- und Brackwasserostracoden von Bonaire, Curacao und Aruba. Zool. Jb. Syst. **64**.
— 1937a: Ostracoden und Harpacticoiden aus brackigen Gewässern an der bulgarischen Küste des Schwarzen Meeres. Mitt. kgl. nat. Inst. Sofia **10**.
— 1937b: Süßwasserorganismen aus dem Elbursgebirge II. Zool. Anz. **119**.
— 1938: Ostracoda. Dahl. Tierwelt Deutschlands. Jena.
— 1941: Süßwasserostracoden aus Südosteuropa. Zool. Anz. **133**.
Kuros, G. R., 1943: Irans Kampf um Wasser. Berlin.
Lagerspetz, K., 1958: The brackish-water tolerance of some freshwater crustaceans. Verh. internat. Ver. Limnol. **13**.
Lang, K., 1948: Monographie der Harpacticiden I, II. Lund.
Lindberg, K., 1935: Notes sur les cyclopides d'eau douce de l'Inde, avec description d'une espèce nouvelle et des deux variétés nouvelles. Rec. Ind. Mus. **27**.
— 1936: Notes sur des Cyclopides de l'Iran. — Bull. Mus. r. hist. nat. Belgique **12**.
— 1939: Cyclopides de l'Inde I, II. Rec. Ind. Mus. **41**.
— 1941: Cyclopides de l'Inde. Rec. Ind. Mus. **43**.
— 1942a: Cyclopides de l'Inde XIV, XVIII. Rec. Ind. Mus. **44**.
— 1942b: Cyclopoides nouveaux du continent Indo-Iranien, ebenda.
— 1948: Cyclopides des l'Afghanistan. Kungl. fysiogr. sällsk. Lund förh. **18**.
— 1949a: Contribution à l'étude de quelques Cyclopides du groupe strenuus provenant principalment du Nord de l'Eurasie. Arkiv Zool. **1**, 8.
— 1949b: Cyclopoides du Liban et de Syrie. Kungl. fysiogr. sällsk.Lund förh. **19**.
— 1950: La Draconculose en Asie particulièrement en Moyen-Orient, avec liste des Cyclopides recueillis dans des régions endémiques. Rev. Paludisme et médicine tropicale, 8, 71.
— 1953: Cyclopides de la Turquie en particulier comme habitants de grottes. Veröff. Inst. Hydrobiol. nat. Fak. Univ. Istanbul, B, **1**, 3.
— 1957a: Cyclopides de la Côtè d'Ivoire. Bull. I. F. A. N. **19**.
— 1957b: Cyclopides de la Turquie d'Asie. Kungl. fysiogr. sällsk. Lund förhandl. **27**.
— 1959: Cyclopides, contribution à l'étude de la faune d'Afghanistan 13. Lunds Univ. Årsskrift **56**.
Linder, F., 1941: Contributions to the morphology and taxonomy of the Branchiopoda Anostraca. Zool. Bidr. Uppsala **20**.
— 1956: Contributions to the morphology and taxonomy of the Branchiopoda Notostraca, with special reference to the North American species. Proc. U. S. Nat. Mus. **102**.
Lindner, E., 1922: Mazedonische Ostracoden. Zool. Jb. Syst. **45**.
Löffler, H., 1955: Die Boeckelliden Perus. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Math. Nat. Kl., I, **164**.
— 1956: Limnologische Untersuchungen an Iranischen Binnengewässern. Hydrobiologia 8.
— 1957: Vergleichende limnologische Untersuchungen an den Gewässern des Seewinkels (Burgenland). Verh. Zool. Bot. Ges. **97**.
— 1958a: Schlüpfbedingungen bei Daphnia-Ephippien. Wasser und Abwasser.
— 1958b: Die Klimatypen des holomiktischen Sees und ihre Bedeutung für zoogeographische Fragen. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Math. Nat. Kl., I, **167**.
— 1959a: Zur Limnologie, Entomostraken- und Rotatorienfauna des Seewinkelgebietes (Burgenland, Österreich). Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Math. Nat. Kl., I, **168**.

— 1959b: Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer. I. Der Nirizsee und sein Einzugsgebiet. Int. Rev. Hydrobiol. **44**.
— 1960a: Limnologische Untersuchungen an chilenischen und peruanischen Binnengewässern, 1. Die physikalisch-chemischen Verhältnisse. Ark. Geofysik **3**, 10.
- im Druck: Zur zoogeographischen Situation der Steppenseen. Verh. Int. Ver. Limnol.
— 1960b: Die Entomostrakenfauna der Ziehbrunnen und Quellen des Seewinkels. Wissenschaftl. Arb. Burgenland **24**.
LOFTUS, W. K., 1855: On the geology of portions of the Turcopersion frontier and of the districts adjoining. Quart. J. Geol. Soc.
- 1856: Notes on a journey from Baghdad to Busrah with descriptions of several Chaldaean remains. J. R. Geogr. Soc. **26**.
MANN, A. K., 1940: Über pelagische Copepoden türkischer Seen. Int. Rev. Hydrobiol. **40**.
MARGALEF, R., 1953: Los crustaceos de las aguas continentales ibericas. Publ. Minist. Agricult. Madrid.
MASI, L., 1925: Descrizione di tre nuovi ostracodi africani. Ann. Mus. Civ. Stor. Nat. Genova, **52**.
- 1932: Ostracodi, in: Escursione zoologica all'Oasi di Marrakesch nell'aprile 1930. Boll. Zool. **3**, 1—2.
MECQUENEM, R., 1908: Le lac d'Ourmiah. Ann. Géogr. **17**.
MEISSNER, W., 1907: Das Plankton des Aralsees und der einmündenden Flüsse und seine vergleichende Charakteristik. Biol. Zbl. **27**.
NATTERER, K., 1895: Monatsh. Chemie **16**.
NOGRADI, T., 1956: Limnologische Untersuchungen an Natrongewässern der Ungarischen Tiefebene. Hidrólogiai Közlöny **36**.
- 1957: Beiträge zur Limnologie und Rädertierfauna ungarischer Natrongewässer. Hydrobiologia **9**.
NOODT, W., 1956: Verzeichnis der im Eulitoral der schleswig-holsteinischen Küste angetroffenen Copepoda Harpacticoida. Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein **28**.
- 1957: Zur Ökologie der Harpacticoidea des Eulitorals der Deutschen Meeresküste und der angrenzenden Brackgewässer. Z. Morph. Ökol. Tiere **46**.
OLIVIER, S. R., 1955: A few aspects of the regional limnology of the province of Buenos Aires. Proc. Int. Ass. Limnol. **12**.
PETKOVSKI, T. K., 1959: Beitrag zur Kenntnis der Ostracoden-Fauna Jugoslawiens. Veröff. Inst. Hydrobiol. Nat. Fak. Univ. Istanbul, B, **4**, 4.
PLATTNER, F., 1955a: Der osmotische Druck von *Artemia salina*. Pflügers Archiv **261**.
— 1955b: Über den Salzgehalt des Urmia-Sees. Peterm. Geogr. Mitt. **4**.
RAMMNER, W., 1933: Süß- und Brackwasser-Phyllopoden von Bonaire. Zool. Jb. Syst. **64**.
REDEKE, H. C., 1933: Über den jetzigen Stand unserer Kenntnis der Flora und Fauna des Brackwassers. Verh. Int. Ver. Limnol. **6**.
1935a: De Zuiderzee als brackwatergebied. Handelingen **25**. Nederlandel Natur- en Geneeskundig. Congres 1935, Delft.
— 1935b: Synopsis van het Nederlandsche zoet- en brackwater-Plankton. Hydrobiol. Club, Amsterdam, **2**.
REMANE, A., 1934: Die Brackwasserfauna. Mit besonderer Berücksichtigung der Ostsee. Verh. Dtsch. Zool. Ges.
- 1950: Das Vordringen limnischer Tierarten in das Meeresgebiet der Nord- und Ostsee. Kieler Meeresf. **8**, 2.
- u. SCHLIEPER, C., 1958: Die Biologie des Brackwassers. Binnengewässer **22**. Stuttgart.
RICHARD, J., 1897: Entomostracés de l'Amérique du Sud recueillis par MM. U. Deiters, H. von Ihering, G. W. Müller et C. O. Poppe. Mém. Soc. Zool. France **10**.
RODLER, 1887: Der Urmiasee. Schr. Verbr. naturw. Kenntnis Wien.
RYLOV, W. M., 1923: On the Eucopepodean Fauna of Mantshuria. Ann. Mus. Zool. Acad. Sci. Russ. **24**.
— 1928: Zur Eucopepoden-Fauna von Kaukasus, Transkaukasien und Nord-Persien. Trav. Stat. Biol. Caucase Nord **5**, 2.

— 1930: Freshwater Calanoids; Behning, Freshwaterfauna. Leningrad.
— 1948: Cyclopoida, in: Fauna UdSSR, Crustaceen **3**, 3.
Reisinger, E., 1957: Zur Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsmechanik von *Craspedacusta*. Z. Morph. Ökol. Tiere **45**.
Sars, G. O., 1897a: Pelagic Entomostraca of the Caspian Sea. Ann. Mus. Zool. Acad. Imp. Sci. **2**.
— 1897b: On some additional Crustacea from the Caspian Sea, ebenda.
— 1902: On the Polyphemidae of the Caspian Sea, ebenda, **7**.
— 1903a: On the Crustacean Fauna of Central Asia. ebenda, **8**.
— 1903b: Fresh-Water Entomostraca from China and Sumatra. Arch. Math. Naturvid. **25**, 8, Kristiania.
— 1928: An account of the Crustacea of Norway, **9**, Ostracoda, 5, 6.
Sawyer, H. A., 1894: The Bakhtiari mountains and Upper Elam. Geogr. J. **4**.
Schäfer, H. W., 1933: Unsere Kenntnis der Copepodenfauna des Brackwassers. Int. Rev. Hydrobiol. **29**.
— 1952: Über Süßwasser-Ostracoden aus der Türkei. Veröff. Inst. Hydrobiol. Nat. Fak. Univ. Istanbul, B, **1**, 1.
— 1953: Über Meeres- und Brackwasserostracoden aus dem Deutschen Küstengebiet. Hydrobiologia **5**, 4.
Schmidt, R., 1913: Die Salzwasserfauna Westfalens. Diss. Wilhelms-Univ. Münster.
Schmitz, W., 1959: Zur Frage der Klassifikation der binnenländischen Brackwässer. Arch. Oceanogr. Limnol. **11**.
Schütz, E., 1959: Die Vogelwelt des südkaspischen Tieflandes. Vogelwarte Radolfzell, Vogelwartenbuch **6**.
Sewell, R. B. Seymur, 1928: Fauna of the Chilka-Lake, Crustacea Copepoda. Mem. Ind. Mus. **5**.
Smirnov, S. S., 1928: Notiz über die Copepodenfauna des Kaukasus. Trav. Soc. Nat. Leningrad **58**, 1.
— 1936: Zweiter Beitrag zur Phyllopodenfauna Transkaukasiens. Zool. Anz. **113**.
Smith, E., 1900: Land and Freshwater Mollusca, in: Natural History of Lake Urmi. J. Linn. Soc. **27**.
Stanković, S., 1931: Sur les particularités limnologigues des lacs égéens. Verh. Int. Ver. Limnol. **5**.
Stephanides, Th., 1948: A survey of the Freshwater Biology of Corfu and of certain other Regions of Greece. Prakt. Hellenic Hydrobiol. Inst. **2**.
Steuer, A., 1942: Ricerche idrobiologiche alle foci del Nilo. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. **1**.
Stuart, Baker, E. C., 1921: Notes on two collections of Birds from Seistan Rec. Ind. Mus. **18**.
Stundl, K., 1939: Limnologische Untersuchungen von Salzgewässern und Ziehbrunnen im Burgenland. Arch. Hydrobiol. **34**.
Sturtevant, A. H., u. Wheeler, M. R., 1954: Synopsis of Nearctic Ephydridae. Trans. Amer. Entom. Soc. **80**.
Symposium on the Classification of Brackish Waters, Venice 1958: The Venice System for the Classification of Marine Waters according to Salinity.
Thienemann, A., 1913: Die Salzwassertierwelt Westfalens. Verh. Dtsch. Zool. Ges.
Tollinger, A., 1911: Die geographische Verbreitung der Diaptomiden. Zool. Jb. Syst. **30**.
Tressler, W., 1937: Ostracoda. Int. Rev. Hydrobiol. **34**.
Tschugunoff, N. L., 1921: Über das Plankton des nördlichen Teiles des Kaspisees. Arb. Biol. Wolga Stat. **6**.
Weisig, St., 1931: Diaptomus atropatenus. Zool. Anz. **95**.
Wilson, M. S., 1958: The Copepod genus Halicyclops in North America, with description of a new species from lake Pontchartrain, Louisiana, and the Texas coast. Tulane Stud. Zool. **6**, 4.
Whittaker, R. H., u. Fairbanks, C. W., 1958: A study of plankton copepod communities in the Columbia basin, Southeastern Washington. Ecology **39**, 1.

ZENKEVICH, L. A., 1947: Fauna und biologische Produktion der Meere, II. in: Meere der UdSSR (russisch).
— 1957: Caspian and Aral Seas, in: HEDGPETH, J. W., 1957: Treatise on marine ecology Geol. Soc. Amer. Memoir **67**.

Dr. HEINZ LÖFFLER
II. Zoologisches Institut der Universität Wien, Wien I, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1

Abb. 24. Hamun-See vom Kuh-e Kkodshah gegen NO, im Hintergrund freies Wasser, im Vordergrund Schilfwiesen mit Kanälen. 26. 5. 56.

Abb. 25. Hamun-See bei Adimi (Gawdar) gegen SW. Am Ufer „Tutins" und Buckelrinder am Weg zur Seeweide. 17. 5. 56.

Abb. 26. Wasserstelle im Flußbett von Tahrud, gegen N. 13. 5. 56.

Abb. 27. Schilfgürtel des Famur-Sees bei Kunar-e Zard. 30. 6. 56.

Abb. 28. Zeribar-See gegen S. Im Mittelgrund Teil des Schilfgürtels, im Hintergrund Bergzüge mit Eichenhainen. 5. 9. 56.

Abb. 29. Tatawi-Tschai, künstlich aufgestauter Teil, gegen S, mit Wasserbüffeln. 12. 9. 56.

Abb. 30. Rezaiyeh-See bei Haidarabad gegen O. Im Hintergrund verschließt eine Halbinsel den Ausblick gegen die Seefläche. Deutlich ist rechts im Bild die Uferzonierung: Sapropel, Salz, Schotter, *Artemisia*-Steppe zu erkennen. 10. 9. 56.

Abb. 31. Eingang zum Murdab gegen S. Aufgenommen von der Brücke Pahlawi-Ghazian. 26. 8. 56.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	407—418

C. den Hartog

Mitteilung 5 des Hydrobiologischen Institutes Abt. Delta-Untersuchungen, Yerseke, Niederlande

Die faunistische Gliederung im südwest-niederländischen Deltagebiet

Inhaltsverzeichnis

1. Fragen der Floren- und Faunenverschiebung nach der Delta-Abdeichung 407
2. Geographische Einteilung des Deltagebietes 408
3. Hydrologische Abschnitte des Deltas nach ihrer Flora und Fauna 410
   a) Die Strandstrecke 410
   b) Der Scaldianische Bezirk 412
   c) Das Polyhalinikum 414
   d—e) Das Mesohalinikum und das Oligohalinikum 414
   f) Das Infrahalinikum 414
   g—h) Die Staustrecke und der tidenlose Fluß 418
4. Literatur 418

1. Fragen der Floren- und Faunenverschiebung nach der Delta-Abdeichung

Die Sturmflut von 1953, bei welcher als Folge der vielen Deichbrüche, große Teile der südwestlichen Niederlande überschwemmt wurden und etwa 1700 Menschen das Leben verloren, mag betrachtet werden als die direkte Veranlassung für die eingreifenden wasserbaulichen Maßnahmen, welche im Rahmen des Deltaplans durchgeführt werden. Obwohl schon mehrere Male Pläne für eine Küstenverkürzung vorgelegt waren, wurde nunmehr gleich nach der Katastrophe entschieden, daß die Meerbusen abgeschlossen werden sollten, wodurch ein viel größeres Maß von Sicherheit für die Einwohner garantiert werden kann.

Ein zweiter Gesichtspunkt war, daß die abgeschlossenen Meerbusen als Reservebecken für Süßwasser benutzt werden können für Land- und Gartenwirtschaft, Trinkwasserversorgung und Industrie. Neue und schnellere Verkehrsverbindungen über die Dämme werden das hauptsächlich agrarische Gebiet für Industrie und Wassersport aufschließen. Eine Kehrseite des Plans ist, daß die blühende Austern- und Muschelkultur in der Oosterschelde verloren geht, ebenso wie die ländliche Ruhe des ganzen Gebietes.

Als Folge der Abschließung der Meerbusen wird in großen Teilen des Deltagebietes die Ebbe- und Flutbewegung der Vergangenheit angehören. Nur im nördlichen Teil des Gebietes, wo noch eine offene Verbindung mit dem Meere über den Nieuwe Waterweg für die Schiffahrt nach Rotterdam erhalten bleibt, wird die Gezeitenbewegung, wenn auch stark gedämpft, weiterhin bestehen. Die Salinität wird durch den an-

dauernden Zufluß von Flußwasser schnell fallen, aber als Folge der enormen Mengen von ausgeschlagenem Polderwasser wird es geraume Zeit dauern, bis die 0,3‰ Cl′-Grenze in den Deltaseen bleibend unterschritten wird.

Diese eingreifenden Umänderungen im Wasserhaushalt des Delta bringen riesige Verschiebungen für Flora und Fauna mit sich. Die stenohalinen marinen Organismen werden gleich nach der Abschließung absterben. Die euryhalinen Salzwasserformen, welche eine größere Adaptationsfähigkeit haben, halten noch geraume Zeit aus. Die fortwährende Herabsetzung des Salzgehaltes wird aber zu einem bestimmten Zeitpunkt so weit fortgeschritten sein, daß auch Brackwasserorganismen sich ansiedeln können, und schließlich, wenn der Versüßungsprozeß sich seinem Ende nähert, werden auch Süßwasserarten erscheinen.

Dieser Vorgang des Zerbrechens eines vorhandenen biologischen Aequilibriums und das Einstellen eines neuen, nach Stabilisation der hydrologischen Faktoren, ist der vornehmste Studienauftrag des Hydrobiologischen Institutes Abt. Delta-Untersuchungen der Königlichen Niederländischen Akademie der Wissenschaften.

Die Untersuchungen sind vielumfassend und beschränken sich keineswegs auf das Datieren der letzten und ersten Funde. Von den verschiedenen zu untersuchenden Facetten dieses Projektes werden hier als wichtigste genannt:

1. Die Frage, warum die eine Art soviel länger ausdauert als die andere, wird nur gelöst werden können, wenn der Lebenszyklus der beiden Arten bekannt und ihre Osmoregulation studiert worden ist.

2. Die Frage der Herkunft der neuen Formen erfordert Kenntnis der Flora und Fauna der Flüsse und der süßen und brackigen Binnengewässer in dem Deltagebiet.

3. Ist das Erscheinen und die Eroberung des Deltas durch neue Arten zu verfolgen Wir dürfen annehmen, daß die Brack- und Süßwasserorganismen in das Delta hauptsächlich vom Nordosten hineindringen und sich von da in südwestlicher Richtung verbreiten werden. Doch haben wir auch mit einer Ansiedlung aus den Zeeländischen Poldergräben zu rechnen. Die Schnelligkeit ihrer Verbreitung wird stark divergieren. Dabei spielen nicht nur die osmoregulatorischen Fähigkeiten, sondern auch Fortpflanzungskapazität, Verbreitungsmittel, Verhalten, kurz der ganze Lebenszyklus des Organismus eine Rolle. Auch Konkurrenz mit anderen Arten kann von großer Bedeutung sein. Bestimmte Arten haben nämlich einen großen Vorsprung schon allein dadurch, daß sie vor den anderen ankommen. So wird z. B. *Gammarus pulex* L. es nicht leicht haben, das Deltagebiet zu erobern, da die verwandten Brackwasserarten *G. duebeni* Lillj. und *G. zaddachi* Sexton sehr gut im Süßwasser leben können. Auch der Polyp *Cordylophora caspia* (Pall.) wird von der Tatsache profitieren, daß er schon im Brackwasser vorkam bevor am Ende Süßwasserbryozoen und -Schwämme mit ihm den Biotop teilen.

Bevor Veränderungen im Deltagebiet festgestellt werden können, muß zunächst eine Übersicht über die Verhältnisse erarbeitet werden, wie sie vor der Ausführung der Deltawerke bestanden. Dazu werden im ganzen Gebiet viele Sammelexkursionen gemacht. Die Ergebnisse ermöglichen es mir, im Anschluß an schon früher gesammeltes Material, eine ökologisch-geographische Einteilung der Gewässer in den südwestlichen Niederlanden zu entwerfen. Die Binnengewässer, welche von süß bis hyperhalin wechseln, sind in dieser Einteilung nicht enthalten.

2. Geographische Einteilung des Deltagebietes

Das Deltagebiet kann geographisch in drei Wassersysteme eingeteilt werden (Abb. 1):

Abb. 1. Topographie des Deltagebietes.

1. Die Schelde mit ihrer Trichtermündung Westerschelde stellt das einfachste System dar. Der marine Einfluß ist noch bis Antwerpen hin bemerkbar, gegeben durch die geringe Wasserführung der Schelde. Dieses System wird nicht abgeschlossen.

2. Das Oosterschelde-Gebiet formt zusammen mit der Zandkreek und den Gewässern rings um die Insel Tholen eine zweite hydrologische Einheit. Es wird gekennzeichnet durch einen hohen Salzgehalt und die Tatsache, daß dieses System nicht als Flußmündung fungiert. Nur bei exzeptionell hoher Wasserführung des Rheines wird auch die Salinität der Oosterschelde durch das Abfließen von Süßwasser aus der Zijpe etwas erniedrigt. Unter normalen Verhältnissen wird der Flutüberschuß der Oosterschelde via die Zijpe und den nördlicher gelegene Grevelingen abgeführt. Früher war die Oosterschelde auch bei Kreekrak und Sloe mit dem Schelde-Aestuarium verbunden.

3. Das Mündungsgebiet von Rhein und Maas formt das kompliziertesteste System. Die wichtigsten Flußmündungen sind der Haringvliet mit 55% der totalen Süßwasserabfuhr und der Nieuwe Waterweg mit 37%; die übrigbleibenden 8% kommen via die Gelderse Ijssel dem Ijsselmeer zugute. Nur bei hohen Pegelständen des Rheines wird Flußwasser durch den Volkerak abgeführt. Ergänzt mit kleinen Mengen von Süßwasser aus den brabantischen Dintel und Steenbergse Vliet fließt dieses Wasser via den Grevelingen ins Meer. Im Normalfalle wird der Flutüberschuß des Grevelingen über die Volkerak und den Haringvliet abgeführt. Als Folge dieser Strömungen hat der Grevelingen einen hohen Salzgehalt; der Haringvliet — weiter nach innen Hollands Diep genannt — dagegen zeigt eine Aestuar-Charakter, mit einem ausgesprochenen Salzgradienten von Süßwasser bis zum polyhalinen Küstenwasser und in der Übergangszone vom brackigen zum süßen Wasser einer deutlichen vertikalen Salzschichtung.

3. Hydrologische Abschnitte des Deltas nach ihrer Flora und Fauna

Mit Hilfe der Uferflora und -fauna können diese Systeme in eine Reihe von Strecken zerteilt werden, welche mit hydrologischen Faktoren, insbesondere mit der Salinität (Caspers, 1959) und der Wasserbewegung korreliert sind. Leider sind die Angaben aus dem tieferen Wasser noch nicht ausreichend, um eine derartige Einteilung zu ermöglichen.

Vom Meere landeinwärts können folgende Strecken unterschieden werden (Abb. 2):

a) die Strandstrecke;
b) der Scaldianische Bezirk;
c) das Polyhalinikum;
d) das Mesohalinikum;
e) das Oligohalinikum;
f) das Infrahalinikum oder Süßwassergezeitenbezirk;
g) die Staustrecke;
h) der gezeitenlose Fluß.

In dieser Reihenfolge werden wir die verschiedenen Abteilungen kurz besprechen.

a) *Die Strandstrecke*

Sowohl die Strandstrecke als der Scaldianische Bezirk werden charakterisiert durch hohe Salinitäten und dürfen als euhalin betrachtet werden. Trotzdem sind die Unterschiede zwischen beiden Gebieten ziemlich ausgeprägt entsprechend den

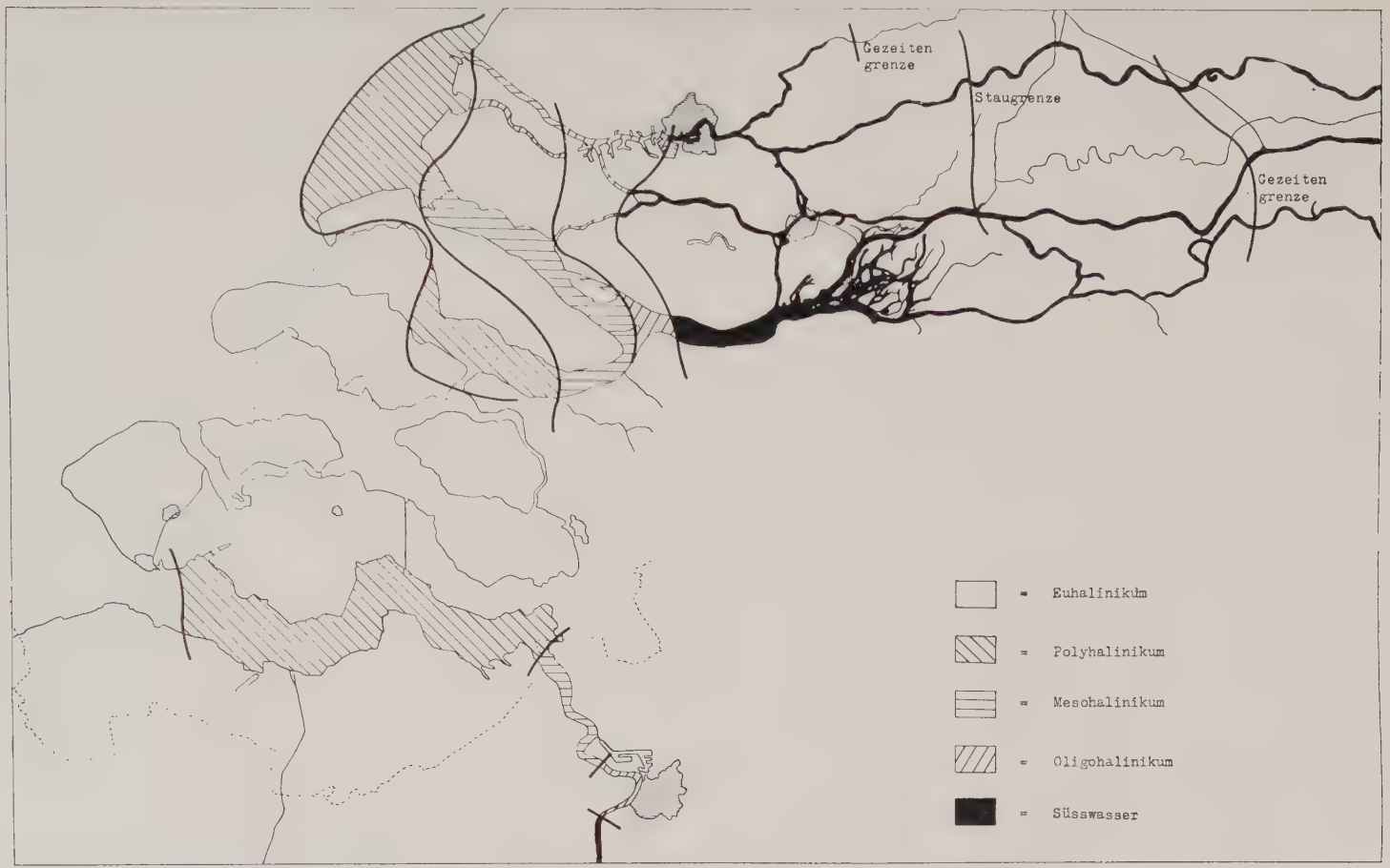


Abb. 2. Die Salinitätsstufen im Deltagebiet, festgestellt auf Grund der litoralen Flora und Fauna.

ganz verschiedenen ökologischen Verhältnissen. Die Strandstrecke umfaßt den Sandstrand der Nordsee, der der Brandung stark exponiert ist. Das Gebiet ist charakterisiert durch die Strandflöhe *Talitrus saltator* (Mont.), *Talorchestia deshayesii* (Audouin) und *T. brito* Stebbing, die Polychaeten *Nerine cirratulus* Delle Chiaje und *Ophelia rathkei* Mc Int., das zahlreiche Vorkommen der Amphipoden *Haustorius arenarius* (Slabber) und *Bathyporeia*-Arten und des Isopoden *Euridyce pulchra* Leach. Von Natur kommt kein Algenwuchs vor, außer auf Wellenbrechern, Hafendämmen und anderen Kunstbauten, wo auch Arten, wie die Isopoden *Idotea balthica* (Pall.) und *I. pelagica* Leach existieren. Ein Teil dieser Arten ist auf die Nordseeküsten beschränkt, z. B. *Talorchestia brito* und die *Idotea*-Arten (Abb. 3). Andere Arten, wie *Talitrus saltator*, *Talorchestia deshayesii* und *Nerine cirratulus* werden auch in kleinen sandigen Enklaven im Scaldianischen Bezirk gefunden, Erstgenannte Art kommt sogar noch im Mesohalinikum vor. In der Oosterschelde bewohnen auch *Bathyporeia*-Arten die Stromsände im tieferen Wasser, wo sie aber bisher noch nicht am Ufer gefunden wurden.

Auch unter den Fischen sind einige Arten, welche ganz nahe der Küste vorkommen, jedoch nicht oder kaum in die Meerbusen eindringen, z. B. die Plattfische *Arnoglossus laterna* (Walbaum), *Scophthalmus maximus* (L.), *Solea lutea* Risso und der Sandaal *Ammodytes lanceolatus* Lesauvage.

b) *Der Scaldianische Bezirk*

Der Scaldianische Bezirk umfaßt das ganze Oosterschelde-System, das Brouwershavense Gat und ein kleines Gebiet in der Nähe von Vlissingen. Die geschützte Lage, die nahezu konstante Salinität und die hohe Sommertemperatur dürfen als die Bedingungen betrachtet werden, welche es ermöglichen, daß sich in diesen Gewässern eine im Vergleich mit der Strandstrecke sehr reiche Flora und Fauna installieren konnte. Neben den marinen Arten, welche beide Bezirke gemein haben, z. B. die Schnecken *Littorina littorea* (L.), *L. obtusata* (L.), *L. saxatilis rudis* (Maton), *Nucella lapillus* (L.), die Muschel *Mytilus edulis* (L.), die Seepocken *Balanus balanoides* (L.), *B. crenatus* (Brug.) und *Elminius modestus* Darw., die Amphipoden *Hyale nilssoni* Rathke und *Gammarus locusta* (L.), begegnen wir im Scaldianischen Bezirk einer ganzen Reihe von Arten, welche schon an den Küsten der Normandie selten werden, in großer Zahl. Teilweise erreichen sie hier ihre Arealgrenze, z. B. die Algen *Hypoglossum woodwardii* Kütz., *Chondria tenuissima* (G. et W.) Ag., *Gelidium pusillum* (Stackh.) Lejol., *Giffordia mitchellae* (Harv.) Hamel und *Taonia atomaria* (Woodw.) J. Ag. und die Nudibranchiaten *Goniodoris castanea* Alder & Hancock und *Thecacera pennigera* (Mont.). Die im ganzen Areal seltene Rotalge *Griffithsia devoniensis* Harv. ist im Scaldianischen Bezirk sehr allgemein. Für diese Arten ist die hohe Sommertemperatur entscheidend. Es gibt viele Arten, welche die Oosterschelde und Nebengewässer des ruhigen Wassers wegen bevorzugen, z. B. die Algen *Codium fragile* (Sur.) Hariot, *Dictyota dichotoma* (Huds.) Lamour., *Sphacelaria plumigera* Holm., *Cystoclonium purpureum* (Huds.) Batt. und *Chondria dasyphylla* (Woodw.) J. Ag., die Krabben *Pilumnus hirtellus* (L.), *Hyas araneus* (L.), *Macropodia rostrata* (L.), *Porcellana platychelis* (Penn.) und *P. longicornis* (L.), die Seespinnen *Achelia echinata* Hodge und *Pycnogonum littorale* (Ström), die Schnecken *Ancula cristata* (Alder), *Aeolidiella glauca* (Alder & Hancock), *Antiopella cristata* (Delle Chiaje), *Archidoris tuberculata* (Cuv.), *Odostomia scalaris* Macgill. und *Crepidula fornicata* (L.). Diese Liste kann durch Dutzende von Arten erweitert werden.

Abb. 3. Die Verbreitung der Asseln *Idotea granulosa* Rathke und *Cyathura carinata* (Krøyer), erstere Beispiel einer nur im Euhalinikum vorkommenden Art, letztere eine charakteristische Art für das Meso- und Oligohalinikum.

c) *Das Polyhalinikum*

Die folgende Strecke wird nicht durch besondere Arten gekennzeichnet. Wir sehen aber im Vergleich zum Scaldianischen Bezirk eine deutliche Verarmung der Gemeinschaft durch den Ausfall der stenohalinen marinen Arten, welche von Westen nach Osten immer ausgeprägter wird. In derselben Richtung senkt sich auch die mittlere Salinität von 16,5 ‰ Cl′ allmählich zu ± 10 ‰ Cl′, weshalb diese Strecke als Polyhalinikum zu bezeichnen ist. Zu diesem Bezirk gehören die Westerschelde, die Zijpe, der Grevelingen und der größte Teil der Krammer.

d—e) *Das Mesohalinikum und das Oligohalinikum*

Das Mesohalinikum und das Oligohalinikum können am besten zusammen besprochen werden, da die floristischen und faunistischen Unterschiede zwischen beiden nur gering sind, wenigstens im Niederländischen Deltagebiet. Es ist kaum möglich, die Grenze zwischen beiden Strecken auf Grund der Chlorinitätsziffern festzulegen, weil die täglichen Salinitätsschwankungen zu groß sind und außerdem noch von der Wasserführung der Flüsse und der stauenden Wirkung des Windes abhängen. Einen besseren Indikator für den mittleren Salinitätswert bietet uns die Uferflora und -fauna. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die beiden Strecken ziemlich gut voneinander zu trennen: Das Mesohalinikum ist charakterisiert durch Brackwasserformen und euryhaline Meeresorganismen; dagegen enthält das Oligohalinikum neben vielen Brackwasserarten wenige Meeresformen und eine kleine Zahl euryhaline, Süßwasserorganismen (den Hartog, 1960). Als Differential-Arten für das Mesohalinikum sind zu nennen die Amphipoden *Orchestia gammarella* (Pall.) (Abb. 5) und *Gammarus salinus* (Spooner), die Muschel *Macoma baltica* (L.), die Schnecken *Embletonia pallida* Alder & Hancock und *Hydrobia ulvae* (Penn.), der Polyp *Laomedea sp.* und der Blasentang *Fucus vesiculosus* L. Das Oligohalinikum besitzt dagegen den Amphipoden *Orchestia cavimana* Heller (Abb. 5), den Egel *Trocheta bykowskii* Gedroić und die Schnecken *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith), *Pseudamnicola confusa* (Frauenfeld) und *Lymnaea ovata* (Drap.). Beide Strecken haben eine große Zahl Arten gemein, welche außerdem sehr häufig sind: die Amphipoden *Gammarus duebeni* und *G. zaddachi*, die Isopoden *Sphaeroma rugicauda* Leach, *Cyathura carinata* (Krøyer) (Abb. 3) und *Ligia oceanica* (L.), die Krabbe *Carcinus maenas* (L.), die Seepocke *Balanus improvisus* Darw., die Schnecken *Assiminea grayana* Fleming, *Alderia modesta* (Lovén) und *Limapontia depressa* Alder & Hancock, den Polychaeten *Nereis diversicolor* O. F. Müller, den Polypen *Cordylophora caspia* (Pall.) und die Phanerogamen *Cochlearia officinalis* L. und *Althaea officinalis* L.

Zum Mesohalinikum rechnen wir den Haringvliet, das Volkerak und die Zeeschelde, während das westliche Hollands Diep, das Spui und die Schelde bei Antwerpen dem Oligohalinikum zugehören.

f) *Das Infrahalinikum*

Die Trennung zwischen Brackwasser- und Süßwassergezeitengebiet ist sehr abrupt und fällt ungefähr zusammen mit der mittleren 0.3 ‰ Cl′-Grenze bei Hochwasser bei einer Rheinführung von 2200 m³/sec. Hier hören die Brackwasserarten plötzlich auf, obwohl sie einige Hunderte Meter weiter westlich noch dominieren. Nur im Ausnahmefalle werden diese Arten weiter östlich gefunden, wenn die Salzgrenze durch klimatologische Ursachen landeinwärts verschoben wird, z. B. bei fortwährender Trockenheit wie im Sommer und Herbst von 1959. Nur eine sehr kleine Zahl der sogenannten Brackwasserarten sind permanente Bewohner des

Süßwassergezeitengebietes. Die Salzgrenze fällt auch zusammen mit der meist westlichen Ausdehnung der „Griende", des für die Süßwassergezeitenregion so charakteristischen Weidengebüsches (ZONNEVELD, 1960).

Die marginale Zone des Süßwassergezeitengebietes ist äußerst arm an Arten, weil da die Salinitätsschwankungen für die meisten Süßwasserorganismen zu groß sind, während den Brackwasserarten auch keine geeigneten Lebensbedingungen geboten werden. Der zentrale Teil dieses Gebietes ist viel artenreicher. Die Zusammensetzung der Fauna trägt ein merkwürdiges Gepräge. Zu charakteristischen Arten des Gebietes dürfen wir die kleine Schnecke *Pseudamnicola confusa* (BUTOT, 1960; DEN HARTOG, 1960), den Blutegel *Erpobdella monostriata* (GEDROIĆ) und die Binse *Scirpus triqueter* L. rechnen. Diese Arten wurden allein in süßen Gezeitengewässern angetroffen; nur *Pseudamnicola confusa* dringt auch in schwach salzhaltige Gewässer ein. Einige andere Arten mit einer fluviatilen Verbreitung, z. B. der Amphipode *Orchestia cavimana* und der Egel *Trocheta bykowskii* (DEN HARTOG & VAN ROSSUM, 1957), sind auffallend zahlreich im Gezeitengebiet und werden durch die Gezeitenbewegungen begünstigt. Weiter gibt es einige Brackwasserarten, welche hier permanent im Süßwasser leben, z. B. *Gammarus zaddachi* und seltener *Nereis diversicolor* (Abb. 4). Zu allen Jahreszeiten werden auch die Brackwasserfische *Pleuronectes flesus* L., *Osmerus eperlanus* (L.) und *Gobius microps* KRØYER gefangen; die beiden letzteren Arten fehlen aber in den anthropogen verschmutzten Rheinsektoren des Deltagebietes.

Auch das Plankton zeigt einen schwach-brackigen Aestuar-Charakter bei der Dominanz von *Eurytemora affinis* POPPE, *Actinocyclus normanii* (GREG.) HUST., *Diatoma elongatum* AG. und *Melosira granulata* (EHR.) RALFS, wenigstens im Maas-Sektor. In dem mehr verschmutzten Rhein-Sektor werden diese Arten ersetzt durch *Fragilaria crotonensis* (EDW.) KITTON, *Tabellaria fenestrata* (LYNGB.) KÜTZ. und *Brachionus calyciflorus* PALL. (DRESSCHER, 1960).

Obwohl die Qualität des Wassers per definitionem als „süß" betrachtet werden muß, wenn man davon absieht, daß durch Sturmwetter und sehr geringe Wasserführung des Rheins gelegentlich Salzwasser weiter eindringt, so stellen die Benthosfauna und das Plankton doch ein charakteristisches Element dar, das man gewöhnlich bei höheren Salinitäten antrifft. Da der Terminus „Süßwassergezeitenstrecke" sehr lang und außerdem nicht ganz korrekt ist, möchte ich vorschlagen, in diesem Falle vom „Infrahalinikum" zu sprechen.

Obwohl das Infrahalinikum eine Anzahl Süßwasserarten mit den Flüssen gemein hat, sind auch in bezug auf diese Arten große Unterschiede zwischen Fluß und Gezeitenbezirk vorhanden. So existiert im letzteren eine ansehnliche Zahl Arten aus stehenden Gewässern, welche in den Flüssen fehlen, z. B. *Dreissensia polymorpha* (PALL.), *Acroloxus lacustris* (L.), *Potamopyrgus jenkinsi*, *Dendrocoelum lacteum* (MÜLL.) und die Egel *Haemopis sanguisuga* L., *Glossiphonia heteroclita* (L.) und *Helobdella stagnalis* (L.). Zum größten Teil fehlen diese Arten schon im östlichen Gezeitengebiet.

Weil diese Arten ziemlich starke Verschmutzung gut ertragen können, kommt dieser Faktor nicht an erster Stelle in Frage. Vielmehr ist der entscheidende Faktor hydrologischer Art. Im westlichen Teil fließt der Ebbstrom 7 bis 8 Stunden, die Flut dagegen 4 bis 5 Stunden. Während des Gezeitenwechsels besteht eine kurze Stillwasserperiode, welche offenbar für die soeben genannten Arten von großer Bedeutung ist. Je weiter wir stromaufwärts gehen, um so kürzer werden die Flutperioden durch den starken Druck des abfließenden Flußwassers. Schließlich wird der Flutstrom ganz unterdrückt; nur die vertikale Gezeitenkomponente ist noch

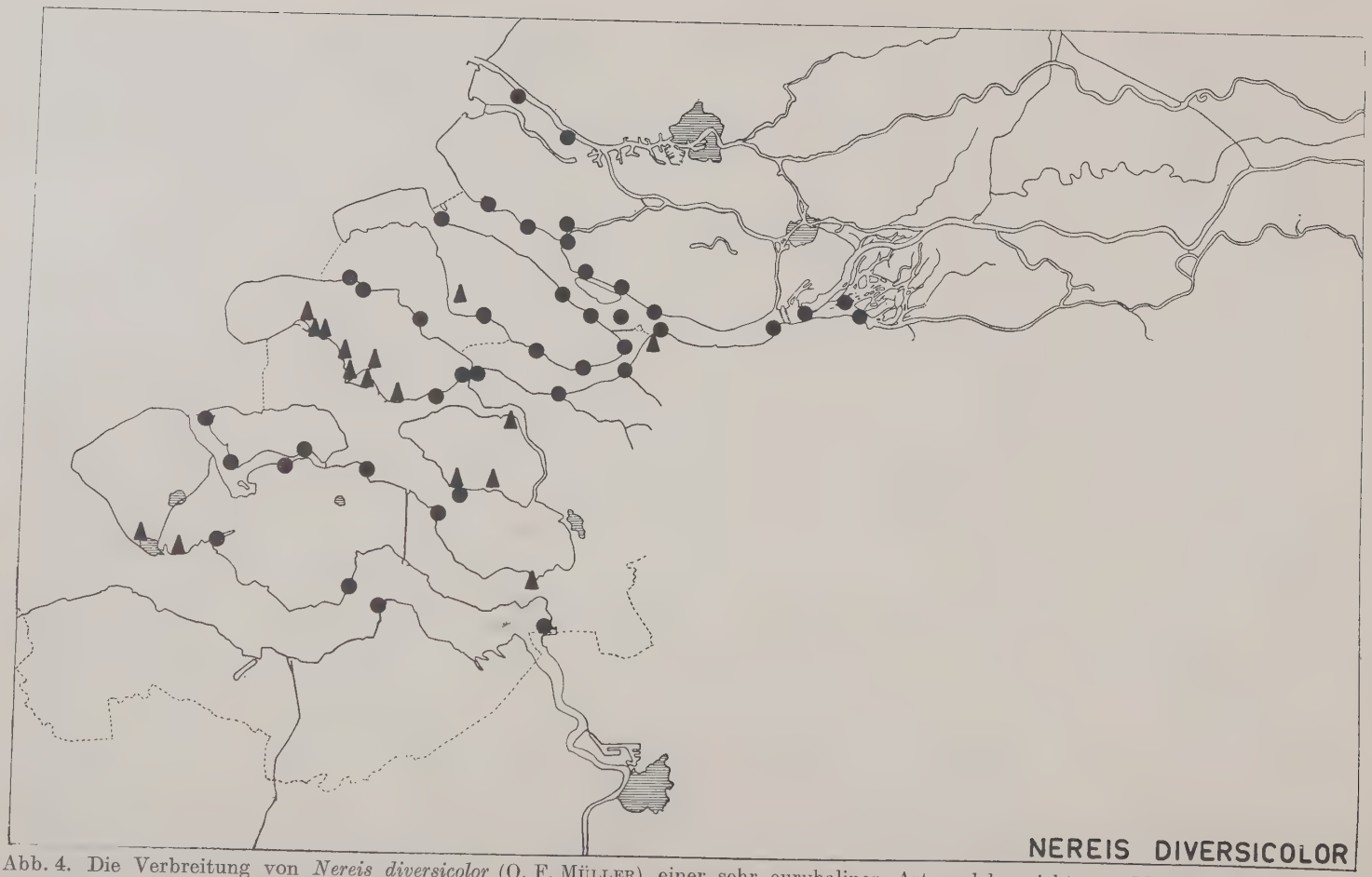


Abb. 4. Die Verbreitung von *Nereis diversicolor* (O. F. Müller), einer sehr euryhalinen Art, welche nicht nur Meer und Brackwasser besiedelt, sondern auch weit ins Süßwassergezeitengebiet hineindringt. Die Dreiecke beziehen sich auf Funde im Binnenwasser.

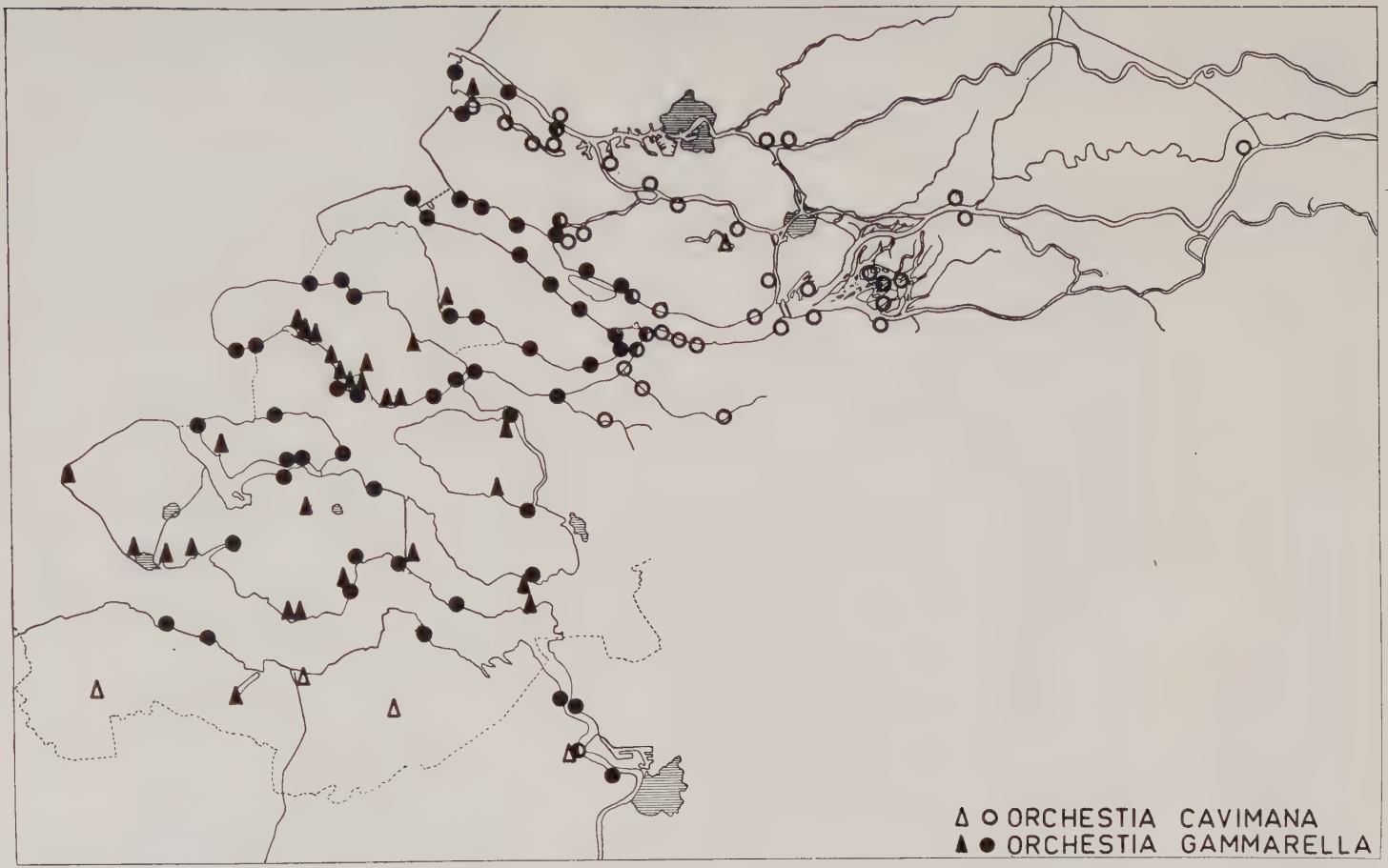


Abb. 5. Die Verbreitung der Talitridae *Orchestia cavimana* HELLER und *O. gammarella* (PALLAS). Die erstgenannte Art bewohnt die Ufer des Süßwassers und des Oligohalinikums, die andere Art ist dagegen charakteristisch für die salzigeren Stufen.

bemerkbar durch Stauung, die horizontale Komponente ist immer seewärts gerichtet.

Das Süßwassergezeitengebiet kann also aufgeteilt werden in zwei Strecken:

a) eine Strecke mit abwechselnden Ebb- und Flutströmungen, übereinstimmend mit dem Infrahalinikum;

b) eine Strecke mit einer nur in die Ebbrichtung gehenden Strömung, die „Staustrecke" genannt.

g—h) *Die Staustrecke und der tidenlose Fluß*

Die Staustrecke ist nicht scharf getrennt vom Infrahalinikum, da die Stelle, wo der Flutstrom ausfällt, abhängig ist von der Wasserführung der Flüsse und von den Mondphasen. Trotzdem ähneln die ökologischen Verhältnisse, welche in der Staustrecke herrschen, der des Flusses; der einzige Unterschied ist nur die tägliche vertikale Gezeitenbewegung. Weil in den Flüssen auch, bedingt durch die Wasserführung, Perioden von Hoch- und Niedrigwasser vorkommen, verwischt sich die Differenz noch mehr.

Biologisch haben wir zwischen Staustrecke und Fluß kaum Unterschiede entdecken können. Für beide Gebiete sind die Schnecke *Ancylus fluviatilis* (O. F. Müller) und die Rotalge *Pseudochantransia chalybea* (Roth) Brand in hohen Maße charakteristisch. Auffallend ist auch, daß der im Infrahalinikum dominierende Polyp *Cordylophora caspia* in der Staustrecke, ohne ganz zu verschwinden, ersetzt wird durch eine neue Dominante *Plumatella fungosa* (Pall.). Im Infrahalinikum war *Plumatella* nur eine wenig zahlreiche, untergeordnete Art. Andere Arten, wie *Orchestia cavimana* (Abb. 5) und *Trocheta bykowskii*, werden viel seltener, infolge der Unregelmäßigkeit der Pegelschwankungen.

Schließlich möchte ich betonen, daß die oben gegebene Einteilung provisorisch ist und in Zukunft vielleicht verbessert werden muß. Sie basiert auf dem Material, das ich seit 1958 gesammelt und ausgearbeitet habe, ergänzt mit den wenigen älteren Daten, welche mir zur Verfügung standen. Viele Gruppen des Tierreichs sind aber nicht in Betracht gezogen worden, weil das Material noch nicht ausgearbeitet ist oder sogar noch gesammelt werden muß.

Literatur

Butot, L. J. M., 1960: Pseudamnicola confusa (Frauenfeld, 1863) als algemene prosobranchiate slak in de Biesbosch. Basteria **24**, 60—65.

Caspers, H., 1959: Die Einteilung der Brackwasser-Regionen in einem Ästuar. Arch. Ocean. Limn. **11**, suppl., 153—169.

Dresscher, Th. G. N., 1960: Enige opmerkingen over het plankton in het water van de Brabantse Biesbosch en de aansluitende wateren. Verslag van het onderzoek in de Biesbosch en in het aangrenzende Deltagebied tijdens het werkkamp van de Hydrobiologische Vereniging, 1—10 juli 1959, 17—21, n. p.

Hartog, C. den, 1960: Comments on the Venice-system for the classification of brackish waters. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 45, 4, 481—485.

— 1960: Verspreiding van het slakje Pseudamnicola confusa in het Deltagebiet van Rijn en Maas. Basteria **24**, 66—74.

— u. Rossum, E. van, 1957: De bloedzuiger Trocheta bykowskii in de benedenrivieren. De Levende Natuur **60**, 228—233.

Zonneveld, I. S., 1960: De Brabantse Biesbosch. Een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta. Diss. Wageningen.

Dr. C. den Hartog
Hydrobiologisch instituut
afd. Delta-onderzoek
Vierstraat 28.
Yerseke/Holland,

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	419—426

Hans Mann und Otto J. Schmid

Bundesforschungsanstalt f. Fischerei, Inst. f. Küsten- u. Binnenfischerei, Hamburg, und Physiologisch-chemisches Institut der Universität Hamburg

Der Einfluß von Detergentien auf Sperma, Befruchtung und Entwicklung bei der Forelle[1])

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung und Fragestellung 419
B. Untersuchungen mit Forellensperma 420
C. Untersuchungen über die Einwirkung von Detergentien auf die Befruchtung von Forelleneiern 422
D. Untersuchungen über den Einfluß von Detergentien auf die Erbrütung von Forelleneiern 424
E. Diskussion der Befunde 425
F. Zusammenfassung 425
Literatur 426

A. Einleitung und Fragestellung

In dem letzten Jahrzehnt hat die Bedeutung der synthetischen Waschmittel stark zugenommen. Wenn die „natürlichen" Seifen als Körperreinigungsmittel auch weiterhin ihre Stellung behaupten werden, so gibt es doch für die synthetischen Produkte ein so großes Anwendungsgebiet, daß man ihnen eine erhöhte Aufmerksamkeit in der Wasserwirtschaft, Wassertechnik und Fischerei zuwenden muß. Durch ihren Gebrauch in den Haushaltungen und der Industrie gelangen sie mit dem Abwasser in die Vorfluter, da bekanntlich nur ein gewisser Teil in den Kläranlagen biologisch oder chemisch abgebaut wird, ganz abgesehen von den vielen Abwassereinleitungen, die unbehandelt und ungereinigt in die Oberflächenwasser eingeleitet werden. Und hier besteht die Gefahr einer fischereilichen Schädigung. Denn viele kleinere Ortschaften oder Einzelsiedlungen besitzen keine oder nur unbefriedigende oder nicht ausreichende Kläranlagen, so daß die Abwasser unverändert abfließen und dann in Flüsse oder Bäche gelangen, die fischereilich hochwertig sind, da sie Forellen oder Aeschen beherbergen. Wenn auch oftmals darauf hingewiesen wird, daß bisher direkte Fischereischäden, also Fischsterben, durch Detergentien nur sehr selten bekannt geworden sind, da die Detergentienkonzentrationen in den Oberflächenwässern zur Zeit noch verhältnismäßig gering sind, so haben doch gerade Untersuchungen (Schmid u. Mann 1961) der letzten Zeit gezeigt, daß auch schon geringe Detergentiengehalte bei längerer Einwirkungszeit deutliche Schadwirkungen bei Fischen hervorrufen können. Durch histologische Befunde an Forellenkiemen wurde nachgewiesen, daß bereits Konzentrationen von 3 bis 5 mg/l Dodecylbenzolsulfonat

[1]) Wir danken den Herren H. Engelhardt und W. Riggert für ihre Hilfe bei den Erbrütungsversuchen und der chemischen Fabrik Stockhausen u. Cie für ihre Unterstützung beder Durchführung der Arbeiten.

(DBS), einem weitverbreiteten synthetischen Waschmittelinhaltsstoff, beginnende Epithelschäden an den Kiemen hervorrufen. Dieser Befund ist insofern von großer Bedeutung, als er zeigt, daß durch die Einwirkung auch geringer Konzentrationen die Struktur des Kiemenepithels und damit die Funktion der Kiemen wesentlich beeinträchtigt wird.

In Fortführung unserer Untersuchungen über die Schadwirkung der Detergentien befaßten wir uns mit der Frage, ob die in den Oberflächenwassern enthaltenen Mengen an Detergentien auch die Befruchtung und Eientwicklung der Fische stören können. Unsere Untersuchungen wurden in drei Richtungen durchgeführt:

1. Es sollte festgestellt werden, ob das Fischsperma durch im Wasser gelöste Detergentien in seiner Bewegungsfähigkeit beeinflußt und gehemmt wird.
2. Weitere Untersuchungen sollten klären, ob der Befruchtungsvorgang durch die Einwirkung von Detergentien gestört werden kann.
3. Schließlich versuchten wir in Erbrütungsversuchen festzustellen, in welchem Maße Detergentien die Eientwicklung beeinflussen.

B. Untersuchungen mit Forellensperma

Für die Untersuchungen über den Einfluß der Detergentien auf das Fischsperma benutzten wir das Sperma von reifen Regenbogenforellen, die einige Zeit im Institut gehältert worden waren. Die reifen Männchen wurden vor dem Streifen mit einem trockenen Tuch abgerieben, um jedes vorzeitige Zutropfen von Wasser zu vermeiden, und dann mit besonderer Vorsicht abgestreift. Um sichere Ergebnisse zu erhalten, wurden nur vollreife Männchen mit rahmiger Milch verwendet. Milch, die durch Kot oder Blut verunreinigt war, wurde für die Versuche nicht benutzt. Die für die Untersuchungen benötigten Spermamengen wurden stets frisch gewonnen und trocken in Uhrgläschen oder Petrischalen aufbewahrt.

Die Prüfung der Spermareaktion geschah, indem 3 Tropfen Wasser oder 3 Tropfen der zu untersuchenden Detergentienlösung mit einem Tropfen Forellensperma auf einem Objektträger mit einer Platinöse innig vermischt wurden. Die Reaktion wurde bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskop verfolgt und die einzelnen Bewegungsphasen zeitmäßig protokolliert. Stets wurden Doppelversuche angesetzt, bei größeren Unterschieden wurden die Versuche mehrere Male, zum Teil mit neuen Spermaportionen wiederholt.

Vermischt man einen Tropfen Forellensperma mit 3 Tropfen Leitungswasser (Temperatur 14—16 °C) so ist folgender Bewegungsablauf zu beobachten, der bei allen Fischarten in mehr oder minder großer Abwandlung (Elster u. Mann, 1950, 1952; Gaschott, 1928) gleichartig verläuft: Zunächst führen die Spermatozoen eine heftige, wimmelnde Bewegung aus, die etwa 20 bis 30 Sekunden anhält. Dann nimmt die Bewegung sehr schnell ab. Die Spermatozoen erstarren gewissermaßen und bewegen sich zum großen Teil nur noch am Ort. Insgesamt werden die Bewegungen zunehmend zittrig, so daß diese Bewegungsphase als das Nachzittern (Elster u. Mann 1950; Gaschott 1928) bezeichnet wurde. Dieser Zeitpunkt ist nach 30 bis 45 Sekunden erreicht. Danach führt nur noch ein Teil der Spermatozoen korkenzieherartige Bewegungen aus. Allmählich wird die Masse bewegungslos und nur noch ganz wenige schieben sich langsam durch das Gesichtsfeld. Mit 70 bis 90 Sekunden sind sämtliche Spermatozoen ohne jede Bewegung. Wie in früheren Untersuchungen (Elster u. Mann 1952) an Karpfen, Hechten und Plötzen festgestellt, gibt es gewisse individuelle Unterschiede in der Zeitdauer der einzelnen Bewegungsphasen; diese wurden bei unseren jetzigen Untersuchungen für jede einzelne Versuchsserie festgelegt und während des Versuchs immer wieder nachgeprüft.

Die Einwirkung verschiedener Salzlösungen auf Fischsperma ist bereits durch Gaschott (1928) und Scheuring (1928) an Forellen, durch Elster und Mann (1950, 1952) an Karpfen

und Hechten untersucht worden. Danach hemmen einwertige Ionen die Spermatozoenbewegungen nicht, wohingegen die zweiwertigen Ionen sich stark bewegungshindernd auswirken.

Unsere Untersuchungen erstreckten sich auf die Einwirkung verschiedener Detergentien, die in steigender Konzentration im Wasser enthalten waren. In der nachfolgenden Zusammenstellung (Tabelle 1) sind die Konzentrationen angegeben, bei denen die Bewegungen des Spermas deutlich gehemmt werden. Wie zu ersehen ist, wirkt das Korenyl am stärksten bewegungshemmend, dann folgen Dodecylbenzolsulfonat, Kokosfettalkoholsulfat, Nonylphenol und Ölsäure. Bei dem Kokosfettalkoholsulfat mußten wir feststellen, daß dieses Präparat sich derart stark auswirkte, daß überhaupt keine schnelle Bewegung zustande kam, sondern die Spermatozoen auch bei schwacher Konzentration sich nur durch das Gesichtsfeld schlängelten. Für die Ölsäure und das Nonylphenol war charakteristisch, daß in stärkeren Konzentrationen als 10 mg/l alle Formen der Bewegungen in ihrer Dauer herabgesetzt wurden, hierbei aber der Grad der Konzentration keine Rolle spielte. Dieser Befund ist auffällig, da sonst mit steigender Konzentration die hemmende Wirkung erhöht wurde, wie dies z. B. beim Dodecylbenzolsulfonat und Korenyl deutlich zu beobachten war (Tab. 2 und 3).

Insgesamt haben die Versuche ergeben, daß die wirtschaftlich wichtigen Detergentien, Dodecylbenzolsulfonat und Korenyl, die Spermabewegung schon in Konzentrationen von 5 mg/l an sichtbar beeinflussen.

Tabelle 1. Hemmung der Bewegung von Forellensperma durch Detergentien

Waschmittel	Grenzkonzentration
Dodecylbenzolsulfonat	10 mg/l
Korenyl	5 mg/l
Kokosfettsäure 6 AeO	100 mg/l
Kokosfettalkohol 16 AeO	50 mg/l
Kokosfettalkoholsulfat	10 mg/l
Nonylphenol 30 AeO	10 mg/l
Oleylalkohol 20 AeO	100 mg/l
Ölsäure 20 AeO	10 mg/l

Tabelle 2. Einwirkung von Dodecylbenzolsulfonat auf die Bewegung von Forellenspermatozoen

Konzentration	starke Bewegung		Nachzittern		unbeweglich	
	Sekunden	relative Hemmung	Sekunden	relative Hemmung	Sekunden	relative Hemmung
ohne Zusatz	20	0%	46	0%	75	0%
5 mg/l	20	0%	45	2,2%	70	6,7%
10 mg/l	18	10%	31	22,6%	63	16%
25 mg/l	16	20%	28	29,1%	36	52%
50 mg/l	10	50%	27	41,3%	30	60%
100 mg/l	5	75%	17	63,0%	23	69,3%
200 mg/l	0	100%	6	87%	14	81,3%

Tabelle 3. Einwirkung von Korenyl auf die Bewegung von Forellenspermatozoen

Konzentration	starke Bewegung		Nachzittern		unbeweglich	
	Sekunden	relative Hemmung	Sekunden	relative Hemmung	Sekunden	relative Hemmung
ohne Zusatz	15	0%	29	0%	92	0%
5 mg/l	14	6,7%	20	31%	75	18,5%
10 mg/l	10	33,3%	14	51,7%	25	72,8%
25 mg/l	10	33,3%	13	52,2%	19	79,3%
50 mg/l	10	33,3%	13	55,2%	20	78,3%
100 mg/l	0	100%	6	79,3%	14	84,8%
200 mg/l	0	100%	0	100%	14	84,8%

C. Untersuchungen über die Einwirkung von Detergentien auf die Befruchtung von Forelleneiern

In weiteren Versuchen befaßten wir uns mit der Einwirkung von Detergentien auf die Befruchtung von Forelleneiern. Bei der künstlichen Befruchtung von Fischeiern werden bekanntlich die Geschlechtsprodukte der reifen Elterntiere vorsichtig abgestrichen und in trockenen Schalen aufgefangen. Durch Hinzufügen von Wasser werden die Spermatozoen aktiviert und können dann die Eier befruchten. Hierzu läßt man die Schalen mit dem Wasser einige Zeit stehen, gießt dann das Wasser ab und spült mehrere Male vorsichtig mit frischem Wasser nach. Anschließend werden die befruchteten Eier in Brutapparate verschiedener Konstruktion gelegt und in fließendem Wasser erbrütet (SCHÄPERCLAUS 1961).

Bei unseren Versuchen wurden in einer ersten Reihe (Teichwirtschaft A) acht vollreife fünfjährige Forellenweibchen und dann vier vierjährige Forellenmännchen abgestrichen und die Geschlechtsprodukte in einer trockenen Schale vermischt und sofort gleichmäßig auf 10 kleine Schalen verteilt. Um das Sperma zu aktivieren, wurde in jede Schale Wasser mit der entsprechenden Detergentienkonzentration gegossen (zur Kontrolle Ansätze in reinem Wasser). Dann ließen wir die Schalen 15 Minuten stehen und spülten mit frischem Wasser nach. Anschließend wurden die Eier auf 10 vorbereitete Brutkästen gelegt und unter normalen Wasserverhältnissen im Bruthaus erbrütet.

Wie aus dem Ergebnis des Erbrütungsversuches (Tab. 4) zu ersehen ist, waren die Verluste bei den unbehandelten Eiern schon ungewöhnlich hoch, denn im allgemeinen rechnet man unter normalen Verhältnissen mit einem Verlust von nicht mehr als 5%. Bei den eigentlichen Versuchen stiegen die Verluste auf 30 bis 44%, nur in einem Fall erreichten sie 61%. Doch ist kein Zusammenhang mit dem steigenden Detergentiengehalt festzustellen.

In einer zweiten Versuchsreihe (Teichwirtschaft B) wurde die Befruchtung in anderer Weise vorgenommen. Es wurde jeweils ein reifes Weibchen und ein reifes Männchen abgestrichen und die Geschlechtsprodukte in einer Schale aufgefangen. Doch wurde diesmal, wenn das Sperma zugegeben wurde, auch sofort das Wasser bzw. die vorbereitete Detergentienlösung zugegossen. Der weitere Ablauf des Versuches deckte sich mit dem vorherigen.

Die Ergebnisse dieses Erbrütungsversuches sind in der Tab. 5 zusammengefaßt. Hier ist eindeutig ein Steigen der Verluste mit Zunahme der Detergentienkonzentration festzustellen, während im Kontrollversuch sich die Verlustrate in den normalen Grenzen bewegt.

Tabelle 4. Erbrütungsversuche in der Teichwirtschaft A

Nr.	Zusatz	Zahl der Eier	Zahl der Toten	% Verlust
1	unbehandelt	1603	396	24,7
2	unbehandelt	1461	383	26,2
3	5 mg/l	1876	570	30,4
4	10 mg/l	2072	640	30,9
5	20 mg/l	2560	514	20,1
6	50 mg/l	2017	628	31,1
7	100 mg/l	1596	504	31,6
8	100 mg/l	1320	810	61,4
9	200 mg/l	1900	845	44,5
10	200 mg/l	1967	785	39,9
11	500 mg/l	1990	755	37,9
12	500 mg/l	1826	696	38,1

Tabelle 5. Erbrütungsversuch in der Teichwirtschaft B

Nr.	Zusatz	Zahl der Eier	Zahl der Toten	% Verlust
1	unbehandelt	1001	25	3,5
2	unbehandelt	1090	51	4,7
3	5 mg/l	1216	314	25,8
4	10 mg/l	1493	491	32,9
7	100 mg/l	1065	609	57,2
8	100 mg/l	758	509	67,2
9	200 mg/l	860	563	65,5
10	500 mg/l	766	673	87,9

Wenn in der ersten Versuchsreihe dieses eindeutige Ergebnis nicht zu beobachten war, so muß angenommen werden, daß schon in dem weiblichen Fruchtwasser, in das die Eier laichreifer Fische im Ovar eingebettet sind und das beim Abstreifen mit abgeht, eine Befruchtung der Eier stattgefunden hat und die Einwirkung der Detergentien nicht mehr zum Tragen gekommen ist. Daß das Fruchtwasser eine Aktivation der Spermatozoen hervorrufen kann und diese nur kurze Zeit anhält, haben die Untersuchungen von Scheuring (1928), Hartmann und Mitarbeiter (1947) und Elster und Mann (1950) gezeigt. Wahrscheinlich hat die spätere Zugabe von Wasser oder Detergentienlösung gar keine oder nur eine geringe Bewegung der Spermatozoen ausgelöst, so daß auch keine Befruchtung bzw. Hemmung der Befruchtung eintreten konnte. Eine geringe Erhöhung der Verlustziffer gegenüber den unbehandelten Eiern ist nur bei den höheren Detergentiengehalten festzustellen. Der geringe Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Eiern spricht dafür, daß sich die Detergentien auf die Bewegungsfähigkeit bei dieser Versuchsanordnung in der Teichwirtschaft A nicht oder nur gering auswirken konnten.

In der zweiten Versuchsreihe, die den normalen Befruchtungsvorgängen im Wildgewässer entspricht, wurden die Spermatozoen nicht im Fruchtwasser, sondern durch das zugegebene Wasser aktiviert, so daß sich hier die hemmende Wirkung der Detergentien auch voll auswirken konnte. Aus diesen Versuchen geht hervor, daß bereits ein Gehalt von 5 mg/l Dodecylbenzolfulfonat eine Erhöhung der Verlustrate von normal 5% auf 25% auslöst. Bei einer Konzentration von 10 mg/l werden schon mehr als ein Drittel der Eier nicht mehr befruchtet.

In einer dritten Versuchsreihe versuchten wir zu klären, ob Detergentien im Wasser die Entwicklung der Eier beeinflussen.

Wie bereits oben ausgeführt, werden in der künstlichen Fischzucht die befruchteten Eier in Brutapparaten ausgelegt und in durchströmendem Wasser erbrütet. Die normalen Verluste bis zum Schlüpfen sollen möglichst nicht 5% übersteigen (SCHÄPERCLAUS 1961).

Die vorhergehenden Versuche hatten gezeigt, daß im Wasser gelöste Detergentien von bestimmten Konzentrationen ab die Bewegungsfähigkeit der Spermatozoen hemmen und dadurch die Befruchtungsrate der Eier ungünstig beeinflussen. In dieser Versuchsreihe gingen wir in der Weise vor, daß eine Anzahl Eier in normaler Weise, wie oben beschrieben, in reinem Wasser mit unbeeinflußtem Sperma befruchtet wurden. Anschließend wurden die Eier in kleine Brut-Spezialapparate gebracht und unter konstanten Temperaturverhältnissen (5 bis 7 °C) im Institut erbrütet. Wir setzten vier Parallelversuche mit unterschiedlichem Detergentiengehalt des Wassers an. Während der Erbrütungsperiode wurde das Vorratswasser jeden dritten Tag gewechselt. Der Sauerstoffgehalt des Wassers war stets ausreichend, wie gelegentliche Kontrollen erwiesen. Um die Entwicklungsfähigkeit der verwendeten Eier zu überprüfen, erbrüteten wir eine fünfte Portion bei 11 bis 12 °C Wassertemperatur in einem normalen Bruttrog unter fließendem Wasser.

D. Untersuchungen über den Einfluß von Detergentien auf die Erbrütung von Forelleneiern

Die für unsere Versuche bestimmten Eier wurden am 14. 2. 1961 von gesunden vierjährigen Tieren gewonnen und am gleichen Tage mit dem Sperma gesunder drei- und vierjähriger Männchen befruchtet. Am Nachmittag des gleichen Tages wurden sie in die Brutapparate gebracht und zunächst für 2 Tage mit normalem Wasser erbrütet. Am 16. 2. 1961 wurde das Wasser gewechselt und mit detergentienhaltigem Wasser weiter erbrütet. Der Ablauf des Erbrütungsversuches ist in Tab. 6 dargestellt.

Tabelle 6. Erbrütungsversuch von Forelleneiern mit detergentienhaltigem Wasser (Dodecylbenzolsulfonat)

Datum	Zahl der Tage	ohne Zusatz	5 mg/l	10 mg/l	20 mg/l
14. 2.	0		Beginn der Versuche mit reinem Wasser		
16. 2.	2		Zusatz der Detergentienlösungen		
20. 2.	6		einzelne tot	einzelne tot	50% tot
22. 2.	8	wenige tot	einzelne tot	10% tot	50% tot
28. 2.	14	keine Veränderung	10% tot	50% tot	80% tot
8. 3.	22	keine Veränderung	50% tot	75% tot	90% tot
18. 3.	32	keine Veränderung	75% tot	100% tot	100% tot
21. 3.	35	keine Veränderung	100% tot	—	—
28. 3.	42	5% tot	—	—	—
Anzahl der Eier		216 Stück	175 Stück	183 Stück	181 Stück

In der stärksten Lösung (20 mg/l) werden schon in den ersten Tagen 50% der befruchteten Eier abgetötet. In der schwächsten Lösung (5 mg/l) übersteht die Hälfte der Eier während etwa 3 Wochen die ständige Einwirkung der Detergentien, nach etwa fünf Wochen sind aber auch hier alle Eier abgestorben. Im Kontrollversuch bewegten sich die Verluste in normalen Grenzen. Die restlichen Eier der Kontrolle wurden nach Abschluß des Versuches, kurz vor dem Schlüpfen, in einem

üblichen Bruttrog übergesetzt, wo sie dann normal schlüpften und bis zur freßfähigen Brut aufgezogen werden konnten.

Dieser Versuch zeigt, daß schon ein Detergentiengehalt von 5 mg/l bei dauernder Einwirkung die Eientwicklung vollkommen hemmt.

E. Diskussion der Befunde

Unsere Versuche haben gezeigt, daß die Detergentien in Konzentrationen von 10 mg/l an die Spermatozoen von Forellen in ihrer Bewegungsintensität beeinflussen; dadurch wird auch die Befruchtungsrate erheblich herabgesetzt. Die Verluste bei der Erbrütung erhöhen sich auf 30%, wenn die Befruchtung in derartigen Konzentrationen vorgenommen wird. Von besonderer Bedeutung sind die Erbrütungsversuche in detergentienhaltigem Wasser, da sich hier bei einer Dauereinwirkung schon erhebliche Schädigungen in Konzentrationen von 5 mlg/l herausstellten.

Es erhebt sich nun die Frage, ob in natürlichen Gewässern Konzentrationen auftreten können, die mit unseren Versuchsbedingungen vergleichbar sind. Allgemeingültige Aussagen über den Gehalt an Detergentien in den Vorflutern lassen sich nicht machen. Bisher sind nur verhältnismäßig wenige Ergebnisse über den Detergentiengehalt in natürlichen Gewässern bekannt geworden. Nach Angaben von Stuewer und Niemitz (1961) bewegen sich die Konzentrationen in den großen Strömen Deutschlands zwischen 0,1 und 0,3 mg/l. Gehalte gleicher Größenordnung weisen kleinere Gewässer auf, wenn sie nicht eine Belastung mit geklärten oder ungeklärten Abwässern erfahren. Doch sobald Abwässer in merklichen Mengen eingeleitet werden, steigen die Gehalte sofort an, wobei natürlich die Höhe der Abwasserbelastung und die Wasserführung eine große Rolle für den Grad des Anstiegs spielen. Unter diesen Umständen sind Gehalte von 1 mg/l bis 3 mg/l keine Seltenheit. Es ist selbstverständlich, daß in der Nähe der Abwasserleitungen auch höhere Werte festgestellt wurden. So wurden gelegentlich Mengen von 5 und mehr mg/l nach Abwasserzuflüssen beobachtet (Klust und Mann 1958). Damit bestehen lokale Möglichkeiten der Störungen in der Entwicklung von Fischeiern durch Detergentien auch unter natürlichen Verhältnissen. Es ist daran zu denken, daß bei noch weiter ansteigendem Verbrauch von Detergentien oder in wasserarmen Jahren die Gefahr der Schädigung auch über lokale Bereiche hinaus zunehmen wird.

Bis zum Vorliegen weiterer Untersuchungen können wir über den Angriffspunkt der Detergentien wenig aussagen. Es kann sowohl die Zellmembran der Eizelle wie des Spermatozoons als auch der unmittelbare Befruchtungsvorgang beeinträchtigt werden (Hartmann, Medem, Kuhn und Bielig 1947). Außer diesen strukturellen Veränderungen können auch Eingriffe in fermentative Prozesse bei der Befruchtung und Eientwicklung auftreten (Mann 1949; Schneider 1956; Wills 1953).

F. Zusammenfassung

Es wurde der Einfluß von Detergentien auf die Bewegungsintensität von Forellensperma und auf die Befruchtung und Entwicklung von Forelleneiern untersucht. Eine Reihe von Detergentien hemmt die Bewegung der Spermatozoen schon bei Konzentrationen von 5 bis 10 mg/l. Werden Forelleneier in detergentienhaltigem Wasser (Dodecylbenzolsulfonat) befruchtet, so treten bei Gehalten von 5 mg/l an erhöhte Verluste auf. Bei einer ständigen Einwirkung von detergentienhaltigem Wasser während der Erbrütung genügen Mengen von 5 mg/l (Dodecylbenzolsulfonat), um alle Eier abzutöten.

Literatur

Elster, H. J., und H. Mann, 1950: Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Physiologie der Befruchtung bei Fischen. Arch. f. Fischereiw. **2**.

— — 1952: Weitere Untersuchungen über die Physiologie der Befruchtung und die Zuordnung der Gameten bei Fischen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. Bd. XX (Falkauer Schriften Bd. I).

Gaschott, O., 1928: Beiträge zur Reizphysiologie des Forellenspermas. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. Bd. IV.

Hartmann, M., F. Graf Medem, R. Kuhn und H. J. Bielig, 1947: Untersuchungen über die Befruchtungsstoffe der Regenbogenforelle. Zeitschr. f. Naturf. **2**b.

Klust, G., und H. Mann, 1958: Die hemmende Wirkung synthetischer Waschmittel auf den Zelluloseabbau im Wasser. Arch. f. Fischereiw. **9**.

Mann, T., 1949: Metabolism of semen. Advances of Enzymology **9**.

Schäperclaus, W., 1961: Teichwirtschaft. 2. Auflage, Berlin und Hamburg.

Scheuring, L., 1928: Biologische und physiologische Untersuchungen an Forellensperma. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. Bd. IV.

Schmid, O., und H. Mann, 1961: Die Einwirkung von Dodecylbenzolsulfonat auf die Kiemen von Forellen. Arch. f. Fischereiw. **12**.

Schneider, W. C., 1956: Mitochondrial metabolism. Advances of Enzymology **21**.

Stuewer, E., und W. Niemitz, 1961: Gutachten über synthetische Netz- und Waschmittel und ihre Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Herausgegeben vom Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft, Bonn.

Wills, E. D., 1953: The effect of anionic detergents and related compounds on some enzyms. Biochem. J. **53**.

Dr. Hans Mann
Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Hamburg-Altona, Palmaille 9
Dr. Otto Schmid
Physiologisch-chemisches Institut der Universität Hamburg, Hamburg 20, Universitätskrankenhaus Eppendorf, Martinistraße 52

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	427—428

H. Barnes

The Marine Station, Millport, Scotland

Variation of the seasonal growth rate of *Balanus balanoides* with special reference to the presence of endogeneous factors

When grown under conditions of complete submergence and kept free from the effects of other sedentary organisms *Balanus balanoides* grows rapidly after settlement in the spring and reaches maturity during the first season (Barnes and Powell, 1953). The rate of shell growth, as measured by increases in the basal diameter, slows down with increasing size but the mean specific growth rate shows no gross change at the onset of maturity; this suggests (although it does not prove) that shell growth is not interrupted by the development of the reproductive organs. By the autumn of the first year the animals are approaching their maximum size, and growth during the late autumn is slow and during the winter negligible. Further, little growth is evident in the shore population during winter. The question clearly arises as to whether this reduced growth rate is due to a change in the environment, principally a reduction in the available food, or whether there is in addition an endogeneous rhythm which contributes to the lower winter growth rate.

There is only a single annual brood of this species and newly settled spat are not, therefore, available throughout the year for exposure to the partially controlled raft conditions. However, by using animals settled early and late in the spring, and smaller animals from various environments at other times of the year, the growth rates at different mean sizes can be compared seasonally. The results of such experiments, in which the animals were transferred to a raft, kept clean from other sedentary organisms, and measured at intervals, are shown in Figure 1 A; it is not necessary to show all the individual growth curves since the mean specific growth rates are more suitable for such a comparison. With three exceptions all the values lie on a smooth curve; any variations may reflect differences from year to year but clearly do not indicate any seasonal differences at any given size. All three exceptions are referable to the mid-winter season and the values at mean sizes between 5 and 9 mm. lie well below the curve; the value for 5 mm. is only 0.4 times that at other seasons at this size. This reduction in growth rate during the winter months is not, therefore, peculiar to animals reaching their maximum size.

A decision as to whether this reduced growth rate is due to changed factors of the environment or to an endogeneous rhythm cannot be made on the basis of raft experiments; the environment, particularly food supply, must be controlled. Even though animals can be maintained in laboratory 'culture' for long periods, growing, moulting, breeding and producing viable nauplii, the growth rates are rarely as high — at any given size — as they are for animals grown on a raft. (The reason

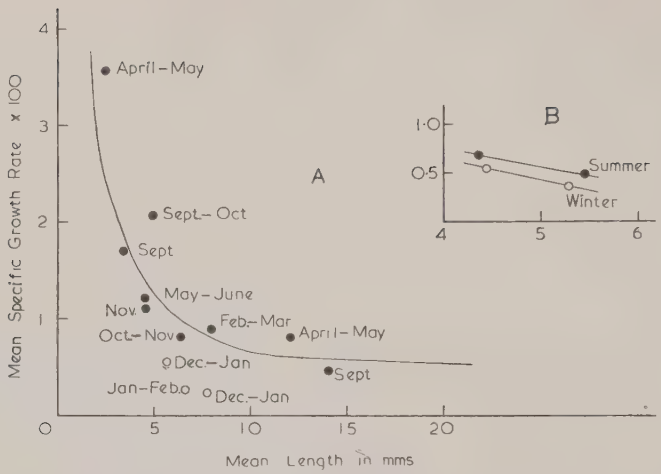


Fig. 1. The mean specific growth rate and size (*Balanus balanoides*) measured at different times during the year; *A* raft exposed animals, *B* laboratory 'cultures'.

for this is not clear and is under investigation.) Comparisons of growth rate must be made amongst laboratory experiments themselves.

Animals have been grown in laboratory 'culture' at two seasons for this comparison, namely late summer and mid-winter. The 'cultures' were kept well aerated and fed on a mixed diatom culture; diatoms were added daily and the water changed every two days. The 'cultures' were maintained at the ambient temperature, 15.8 °C in the summer and 12.6 °C in the winter. The basal diameter was measured at intervals. Figure 1 B shows the mean specific growth rates for the two sets and it is seen that the values are similar; at a mean length of 5 mm. the summer/winter ratio is only 1.32 whereas the ratio for animals on the raft is 2.33. After correcting for the difference in temperature of the two laboratory cultures (the value of the temperature coefficient being taken from other experiments in which food supply and temperature were maintained constant) the ratio is reduced to 1.14.

It has previously been shown that *Balanus balanoides* has a high growth rate during the winter months at Woods Hole, Mass., where there is an abundance of food during the whole of the winter and temperatures are relatively low (Barnes and Barnes, 1959). The present results further strengthen the view that reduction in growth rate during the winter is largely due to a reduction in the available food and that no marked endogeneous rhythm is involved.

Refereences

Barnes, H., and Barnes, M., 1959: A comparison of the annual growth patterns of Balanus balanoides (L.) with particular reference to the effect of food and temperature. Oikos **10**, 1—18.

Barnes, H., and Powell, H. T., 1953: The growth rate of Balanus balanoides (L.) and B. crenatus Brug. under varying conditions of submersion. J. mar. biol. Ass. U. K. **32**, 107—128.

Dr. H. Barnes
The Marine Station Millport,
Scotland

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	429—433

Charles C. Davis

Department of Biology, Western Reserve University, Cleveland

A study of the hatching process in aquatic invertebrates. III. Hatching in *Dineutus assimilis* Aubé (Coleoptera, Gyrinidae)

Contents

Materials 429
Observations 429
Conclusions 432
Summary 433
References 433

The studies previously initiated on the hatching mechanisms occurring in various aquatic invertebrates (Davis 1959, 1961a, 1961b) were continued with a study of hatching in the common whirligig beetle, *Dineutus assimilis* Aubé.

A number of authors have very sketchily described the eggs of gyrinids, as did Bott (1928), Régimbart (1882), Schiødte (1841), Wesenberg-Lund (1913, 1943), and Yokoyama (1929). As far as the author is aware, only Wilson (1923) and Tonapi (1959) have given fairly detailed accounts. In all of the above references the elongated oval eggs were described as being laid in more or less parallel clusters, or in rows on diverse immersed objects. The hatching process evidently has not been described in detail previously (Tonapi merely described hatching as follows: "Hatching has been observed under binocular microscope but the presence of provisional cuticle has not been noticed . . .").

Materials

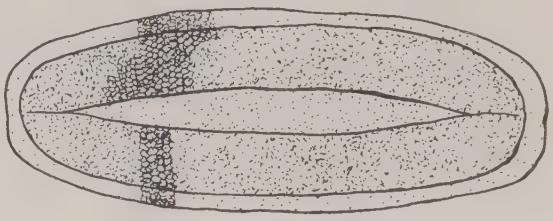
During the early part of the month of August, 1960, gyrinid eggs were common in the experimental ponds at the Squire Valleevue Farm of Western Reserve University. Adult gyrinids also were abundant gyrating on the surface of the ponds. These were identified as *Dineutus assimilis* Aubé. Although oviposition was not observed, it is assumed that the abundant eggs were laid by this common species. On August 11 a number of recently deposited eggs were collected and observed in the laboratory over a period of several days, until hatching occurred. Details of the process were ascertained.

It is a pleasure to express my thanks for the aid given me by Mr. Kyubok Whang in reading a Japanese reference.

Observations

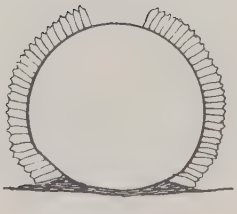
The eggs occurred in loose clusters of 15—28 on fallen dead leaves of the cattail (*Typha*). All of the eggs in a cluster were arranged with the longitudinal axis of the

eggs more or less parallel to the axis of the leaf, and roughly parallel with one another. The cephalic ends of all the eggs in a cluster were always pointing in the same direction, and hence it is evident that they were laid by a single female. The eggs were oval, averaging 1,910 $\mu \times 660\,\mu$. In cross section they were in the form of a flattened cylinder. The upper surface and the sides of the eggs were covered with an extremely regular hexagonal cortical ornamentation (figure 1) as has been described also in *Gyrinus* eggs by YOKOYAMA (1929) and WILSON (1923), and in *Dineutus* eggs by TONAPI (1959). The hexagons were the surface manifestation of numerous hexagonally arranged vertical partitions through the outer egg case, as indicated in an optical cross section of the egg in figure 2. This outer egg case ranged from 58 μ to 86 μ in thickness.



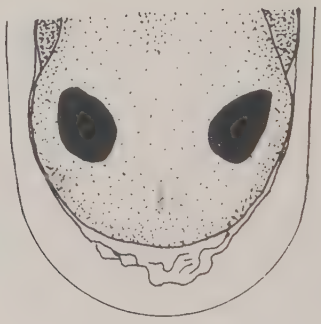
0.5 MM

Fig. 1



0.5 MM

Fig. 2



0.2 MM

Fig. 3.

Fig. 1. Upper (ventral) view of the egg of *Dineutus assimilis* about three days after oviposition. The outer, hexagonally-ornamented case has split open along a preformed line of dehiscence, exposing the inner membrane. The ornamentation of the case is shown only on a portion of the case.

Fig. 2. Optical cross section of the intact attached egg (semi-diagrammatic). The hexagonal surface ornamentation of the outer egg case is the expression of hexagonally arranged vertical partitions that pass through the material of the case. The inner membrane is exposed where the case has been split open.

Fig. 3. Head end of the prolarva within the two inner membranes. The outer of the two membranes is turgid from internal pressure, and there is a fluid-filled space between it and the prolarva. The inner of the two membranes is loose, and lies close around the prolarva. It is crumpled around the head.

In recently laid eggs the entire unattached portion of the eggs was covered by this outer egg case, but there was a distinct line of dehiscence on it from one end to the other. Three days after collection, however, it was observed that many of the outer cases were slowly splitting open through pressure from within (Wilson, 1923, observed that there was such a gap on the upper surface of the outer case, but he thought the eggs were laid in this condition; Tonapi, 1959, recognized the correct sequence of events). At this stage, the developing embryo within was still very early in its development. Evidently the inner membrane surrounding the larva had swollen through the osmotic absorption of water. That the larva itself had not swollen was indicated by the fact that there was considerable fluid-filled space lying between the larva and the inner membrane, as could be seen after careful removal of the outer case. One day after the splitting of the outer case, red eyes appeared, consisting of six ommatidia. Later the eyes became much darker, so that the red color for the most part was obscured.

Twelve unhatched larvae within their inner membranes were carefully removed from the outer capsules, and subsequent observations were performed mostly on these. The dimensions of the inner membrane containing the larvae averaged $1{,}896\,\mu \times 523\,\mu$. Within the membrane, closely investing the larva itself a second inner membrane could be seen. This membrane, unlike the first one, which was turgid from internal pressure, was very loose, and it was crumpled into folds around the larval head (figure 3).

At the time of removal of the outer capsules the tracheal system was filled with gas in one of the larvae, although the larva, of course, had not had direct access to the atmosphere. The remaining larvae contained no gas. The tracheae, however, of two of the others filled during the day, and the process could be followed as clearly as the highly folded larval position would permit. The mechanism of filling, however, could not be ascertained in the conditions of the present study. Filling was a slow process, but persistent. The first tracheae to fill were the main lateral trunks; then in the course of about half an hour the gas spread from the main trunks into the branches leading to the gills, and into the head, as well as elsewhere. Filling of the tracheae was completed approximately 32 hours before hatching. Beating of the heart commenced at about the same time as the filling of the tracheae. At first the rhythm was very haphazard, but later the beat became more regular.

Movements of the larvae within the inner membranes began considerably before the filling of the tracheae. At first these were feeble, but they increased in vigor as hatching time approached. The larval jaws were very evident through the transparent membranes, and they and the other visible appendages moved occasionally. In spite of their apparently favorable position within the egg, however, the preliminary impression that the jaws might function as egg bursters was not borne out, for during actual hatching they did not move. In the general movements of the larvae, muscles as far anterior as the head were observed to twitch. Most of the more violent movements, however, appeared to be confined to those abdominal segments that lay at the posterior end of the egg (i. e., especially abdominal segments 6 and 7; the more posterior abdominal segments were folded ventrally and forward, so that the terminal abdominal hooks were tucked neatly between the head and the first thoracic segment). Eventually in their struggles the larvae succeeded in breaking the inner of the two membranes. This event, was indicated by the sudden freeing of the legs and a slight loosening of the folds of the body. At this time drinking movements and passage of water through the foregut could be ascertained clearly.

It is not thought that drinking occurred earlier. Struggling body movements continued after the inner membrane was ruptured, but as time went on they became considerably reduced, and ultimately they ceased almost completely until the very last act of emergence.

After rupture of the inner of the two membranes the larvae slowly began to swell, presumably through the imbibition of water. The unruptured anterior portion of the inner of the two membranes became tight down against the head, in marked contrast to its previous loosely crumpled condition. Eventually each larva came to fill the entire space within the outer of the membranes. One hour and 12 minutes (average of three instances) after the rupture of the inner membrane the larva suddenly bulged dorsally, without there being any intrinsic body movements at the time. Close examination showed that the egg membrane was highly stretched, but did not burst at this time. However, 17 minutes later it burst suddenly, and the larva straightened out somewhat. The rent in the membrane was lateral. At this time there was considerable internal churning in the larva; apparently this was mainly caused by intestinal movements, although body wall muscles may have been involved also. There were, however, few or no larger muscle movements. Twenty minutes after the rupture of the membrane the larva stretched, and ruptured the membrane more. This was followed by extensive drinking. Three minutes later the larva stretched again, and straightened out completely. The inner membrane was carried out with it, but was kicked off as soon as emergence was completed. Active swimming movements began immediately, and continued for some time. In the course of a few minutes of these activities, the "kinks" associated with the prolarval life of these elongated creatures within their relatively short egg were straightened out. At first larvae refused to eat proferred food (chironomid larvae), but accepted it readily on the following day.

Conclusions

The hatching process in *Dineutus assimilis* is a long process, and involves 1) the very early rupture of the outer egg capsule through the osmotic swelling of an inner membrane, much later 2) the active breaking of a second inner membrane (or larval exuvia) through the agency of violent struggles, and finally 3) the bursting of the first inner membrane from internal pressure caused by the larval imbibition of water. The processes, therefore, are not closely comparable to those involved in the hatching of the hemipteran *Ranatra* previously studied (DAVIS, 1961 b), although both involved extensive drinking and osmotic swelling of an inner membrane. Unlike some other insects where hatching has been described, there is no special hatching tooth or egg burster, nor do other spiny larval structures act at this time as hatching tools. Evidently the first inner egg membrane is permeable to water from near the start of embryonic development, inasmuch as it swells through osmotic absorption of water, up to a certain maximum limit. The second inner membrane, however, apparently is impermeable to water, and the contained embryo does not swell, nor does it drink water until the inner membrane is mechanically ruptured. The continuing permeability of the first membrane is indicated by the fact that once the larva begins to swell after the second membrane has been burst, it continues to enlarge until it has a volume greater than that of the original egg. The resultant internal pressure first stretches the outer of the membranes, and then ruptures it, hence allowing the larva to escape.

Summary

The eggs and hatching process of *Dineutus assimilis* are described. The prolarvae in the eggs are surrounded by two membranes, and also there is a thick outer case, which bears a large number of small hexagonal ornamentations. In the newly laid eggs this thick case covers the entire egg, but after about three days a preformed line splits open through pressure from within, and then the outer of the inner membranes is exposed. The pressure apparently is caused by the ingress of osmotic water.

At the time of hatching the movements of the prolarvae increase, and the innermost membrane is broken mechanically. Now the prolarvae drink and increase in size, so that they become larger than the egg itself. The inner pressure first stretches, and then breaks the second membrane, and the larvae escape.

References

Bott, H. R., 1928: Beiträge zur Kenntnis von Gyrinus natator substriatus Steph. I. Lebensweise und Entwicklung. II. Der Sehapparat. Z. Morph. Ökol. Tiere **10**, 207—306, 2 Taf.

Davis, C. C., 1959: Osmotic hatching in the eggs of some fresh-water copepods. Biol. Bull. **116**, 15—29.

— 1961a: A study of the hatching process in aquatic invertebrates. I. The hatching process in Amnicola limosa (Gastropoda, Prosobranchia). Trans. Amer. Micr. Soc. **80**, 227—230.

— 1961b: Ibid. II. Hatching in Ranatra fusca P. Beauvois (Hemiptera, Nepidae). Trans. Amer. Micr. Soc. **80**, 230—234.

Régimbart, M., 1882: Essai monographique de la Famille de Gyrinidae. I. Ann. Soc. Entom. France. Ser. 6, 2, 379—458.

Schiødte, J. C., 1841: Danmarks Eleutherata. Kjøbenhavn. [Ref. not seen, quoted in Wesenberg-Lund, 1913.]

Tonapi, G. T., 1959: A note on the eggs and larva of Dineutus indicus Aub. (Coleoptera, Gyrinidae). Current Science [India], **28**, 158—159.

Wesenberg-Lund, C., 1913: Fortpflanzungsverhältnisse: Paarung und Eiablage der Süßwasserinsekten. Fortschr. naturwiss. Forschung, **8**, 161—286.

— 1943: Biologie der Süßwasserinsekten. J. Springer, Wien, pp. 1—682.

Wilson, C. B., 1923: Water beetles in relation to pondfish culture, with life histories of those found in fishponds at Fairport, Iowa. Bull. U. S. Bur. Fish. **39**, 231—345, +1 pl.

Yokoyama, K., 1929: (Egg and larva of *Gyrinus curtus* Motschulsky). Kontyu. 3, 83—84 [in Japanese].

Dr. Charles C. Davis
Department of Biology, Western
Reserve University, Cleveland 6,
Ohio, U.S.A.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	434—440

Udo E. Klein und Walther Traut

Pathologisches Institut der Universität Hamburg und Zoologisches Staatsinstitut und Museum Hamburg[1])

Zur Herkunft des Schalenkalkes bei Süßwassermollusken

Die Schale der Mollusken besteht zu 85 bis 99% aus Calciumcarbonat (Vinogradov 1953) und trägt als Außenskelett erheblich zum Gesamtgewicht der Tiere bei. Den daraus für die schalentragenden Mollusken erwachsenden großen Kalkbedarf können die Tiere nicht immer aus den organischen Nahrungsstoffen allein decken. So ist die Landschnecke *Achatina fulica* z. B. auf zusätzliche Ernährung mit Kalk angewiesen (Voelker 1959). Ein zu geringes Kalkangebot äußert sich in Wachstumshemmungen, Dünnschaligkeit und Kannibalismus. Ganz entsprechend sollte man von Wassermollusken erwarten, daß sie sich den Calciumgehalt des Wassers nutzbar machen können. Tatsächlich weisen viele ökologische Befunde darauf hin (z. B. Ehrmann 1933, Hubendick 1947, Thienemann 1950, Traut 1960, Wesenberg-Lund 1939). Aber es liegen auch andere, dem widersprechende Angaben vor: Frömming (1938, 1956) verficht auch in neuester Zeit in seinem bekannten zusammenfassenden Werk über die „Biologie der mitteleuropäischen Süßwasserschnecken" die Ansicht, daß Süßwassermollusken nicht in der Lage seien, den Kalkgehalt des sie umgebenden Wassers zu verwerten. Er stützt sich dabei im wesentlichen

1. auf ökologische Daten,
2. auf die Annahme von Trübsbach (1943, 1947), daß bei Säugetieren mineralischer Kalk nicht resorbiert werden könne, und auf dessen Analogieschluß, daß deswegen auch Mollusken keinen mineralischen Kalk aufnehmen könnten, und
3. auf die Annahme, daß auch Landschnecken keinen mineralischen Kalk verwerten können.

Da ökologische Daten wegen der Vielseitigkeit der äußeren Einflüsse nur Hinweise liefern können, in den seltensten Fällen jedoch wirklich beweisend sind, soll Punkt 1 erst am Schluß diskutiert werden. Die beiden anderen Punkte sind dagegen schon hier eindeutig zu klären.

Zu Punkt 2: Abgesehen davon, daß ein Analogieschluß in der Art, wie Trübsbach ihn durchgeführt hat, sehr gewagt ist, erlaubte die Verwendung radioaktiver Isotope, nunmehr mit Sicherheit zu sagen, daß sein Ausgangspunkt falsch ist. Der Säugetierorganismus ist nach neueren Untersuchungen imstande, mineralisches Calcium — im wesentlichen in Abhängigkeit von der Azidität des Magensaftes — zu resorbieren (Hungerland 1957, Maurer und Zimmer 1952).

[1]) Den Institutsdirektoren Herrn Professor Dr. C. Kosswig und Herrn Professor Dr. C. Krauspe danken wir für die stete Förderung der Arbeiten.

Zu Punkt 3: Daß auch Landschnecken den mitgefressenen mineralischen Kalk verwerten können, ist heute schon durch zahlreiche Arbeiten bewiesen, am klarsten vielleicht von SCHMIDT (1955), VOELKER (1959) oder WAGGE (1952). Für Süßwasserschnecken stehen hingegen exakte Beweise noch aus. Wir haben daher die Frage nach der Herkunft des Schalenkalkes bei *Melanoides tuberculata* (MÜLLER) mit Hilfe der Isotopenmethode geprüft.

Die Tiere, die aus dem Aquarium des Zoologischen Instituts in Hamburg stammen, wurden bei 22 bis 28 °C in $^3/_4$ l-Gläsern ohne Bodengrund und ohne Pflanzen bei völliger Dunkelheit gehalten. Die Wasserhärte (9,85° DH) wurde durch Zugabe von radioaktivem $Ca^{45}Cl$ auf das Doppelte erhöht. Die Aktivität des Wassers entsprach bei Versuchsbeginn 0,12 μC/ml. Zum Versuch wurden nur halbwüchsige Tiere ausgewählt. Ein Teil wurde mit „Vitawil" (Trocken-Fischfutter der Firma H. Wührmann, Bremen-Mahnd) ernährt. Die übrigen Versuchsgruppen mußten hungern. Nach Versuchsende wurden die Weichteile der Schnecken entfernt und die Gehäuse über Alkohol, Xylol in Paraffin eingebettet und dann mit Schmirgelpapier angeschliffen. Die Autoradiogramme entstanden durch einfaches Auflegen dieser Anschliffe auf Doneo-Adox-Roentgenfilm (Abb. 2) oder nach Auflösen des Paraffins, um die störenden Schliffpartikel zu entfernen (Abb. 1) oder schließlich nach erneutem Einbetten in Paraffin, um die Streustrahlung zu bremsen (Abb. 3). Die Film-Schwärzung ist ein relatives Maß für die Strahlungsintensität und damit für die Menge des eingelagerten Calciums.

Die Autoradiogramme (Abb. 1 bis 3) zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen der Schwärzung der Mündungszone und der übrigen Schale, bei wenigen findet man auch eine erhöhte Aktivität im Bereich der Gehäusespitze. Die größte Menge Ca^{45} wird im Bereich der Mündung und damit der Zuwachszone eingelagert, die hin und wieder gefundene Schwärzung im Apex-Bereich ist auf Schalenreparaturen an der sehr feinen Spitze zurückzuführen. Sowohl hungernde wie gefütterte Tiere zeigen die gleiche Verteilung der Schwärzung (Abb. 1). Das beweist, daß nicht etwa Bakterien in den sich zersetzenden Nahrungsresten als Calcium-Vermittler gedient haben (auch hungernde Tiere wachsen zunächst noch etwas, wie Tab. 1 zeigt). Die Schnekken können also tatsächlich das im Wasser gelöste Calcium aufnehmen.

Die erheblich schwächere, jedoch deutliche Strahlungsintensität der gesamten äußeren Gehäuseoberfläche ist durch Ionenaustausch zu erklären.

Auch bei Untersuchungen mit Ca^{45} an der Meeresmuschel *Crassostrea virginica* durch WILBUR and JODREY (1952) und bei Knochenstudien (WOJTA 1954) wurde diese Erscheinung festgestellt und als passiver physikalisch-chemischer Oberflächenprozeß erkannt, der sich zwischen der festen Phase, das heißt den Oberflächen der Schneckenschale, und der flüssigen Phase, in diesem Falle den radioaktiven Calcium-Ionen des Wassers abspielt.

Vergleicht man die Intensität der Filmschwärze in diesen Zonen, so ist die Einlagerung radioaktiven Materials nur bei 1tägiger Versuchsdauer geringer; von 10 bis zu 20 Tagen scheint sie dagegen nicht mehr zuzunehmen (Abb. 1; leider in der Wiedergabe nicht so deutlich). Daraus ergibt sich eine auch von Knochenstudien her bekannte Einstellzeit für das Ionenaustausch-Gleichgewicht an der Oberfläche von weniger als 10 Tagen (HEVESY 1948, WOYTA 1954). Im Gegensatz hierzu nimmt die Einlagerung radioaktiven Materials in den Gehäuseanbauzonen während der Versuchsdauer ständig zu.

Die Strahlungsintensitäten zwischen Zuwachszone und Austauschzone der Schale verhalten sich näherungsweise wie 60:1, wie sich in einem einfachen Verfahren zeigen läßt. Die reine Austauschzone ist also deutlich verschieden von der Zuwachszone.

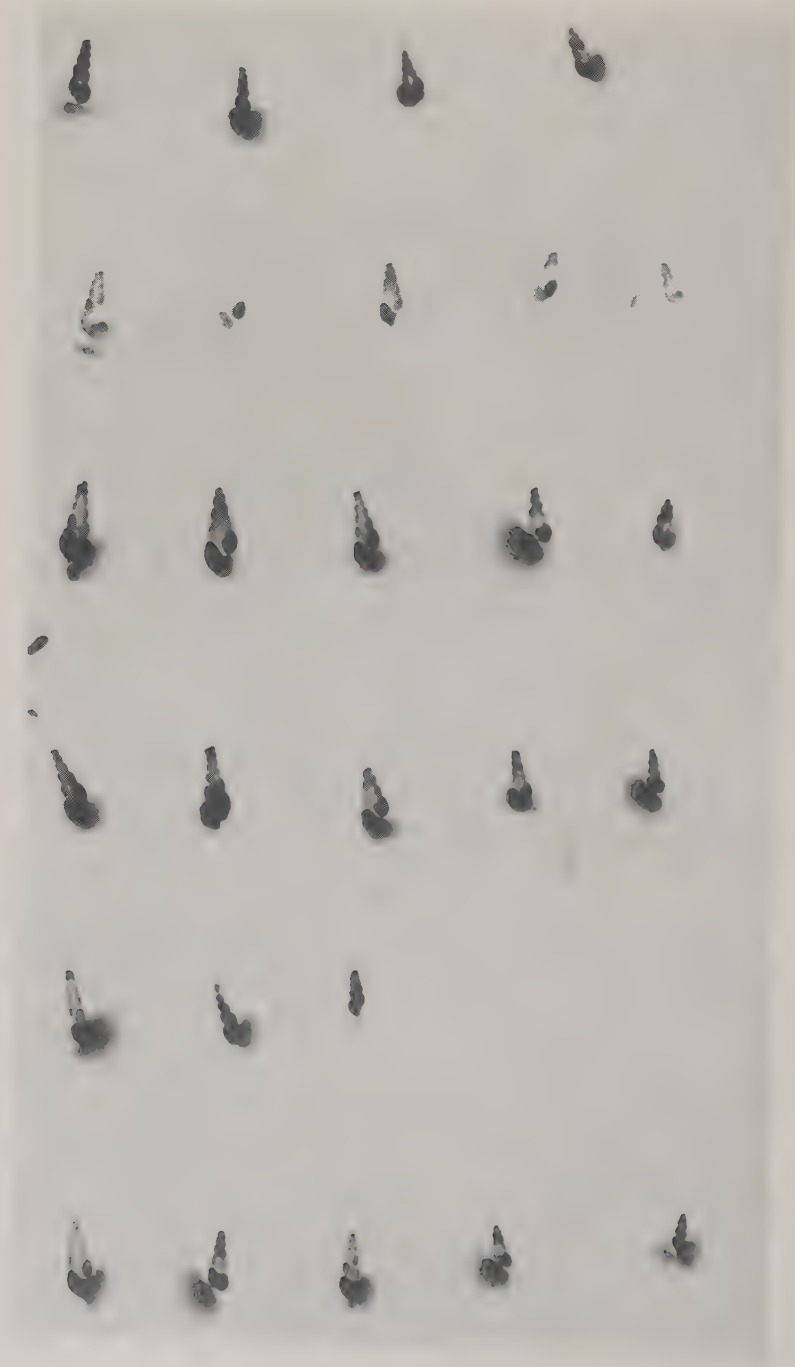


Abb. 1

Dazu wurden die in Paraffin eingebetteten Anschliffe verschieden lange auf Röntgenfilm gelegt, die Expositionszeiten jedesmal verdoppelt. Damit die Schwärzungen wirklich vergleichbar waren, wurden alle Zeiten auf verschiedenen Stellen eines einzigen Filmes durchgeführt, der erst nach Beendigung der letzten Exposition entwickelt wurde. Dann stellte sich schon nach dem optischen Eindruck heraus, daß die Schwärzung durch die Aktivität der Zuwachszone bei 2-stündiger Exposition etwa gleich der der Austauschzone bei 128-stündiger Exposition war. Messungen im Photometer bestätigten diesen Eindruck. Schwärzungsgleichheit setzt — von extremen Bereichen abgesehen — eine gleiche Strahlungsmenge voraus, die das Produkt aus Strahlungsintensität und Zeit der Einwirkung ist. Die Expositionszeiten verhalten sich wie 1 : 64, demnach müssen sich bei Schwärzungsgleichheit, und damit Strahlungsmengengleichheit die Intensitäten wie 64 : 1 verhalten. Größenordnungsmäßig kann man also die Intensität der Mündungszone als das 60-fache der Strahlungsintensität der übrigen Schale ansetzen.

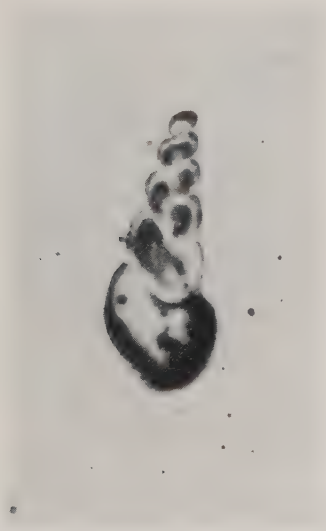


Abb. 2

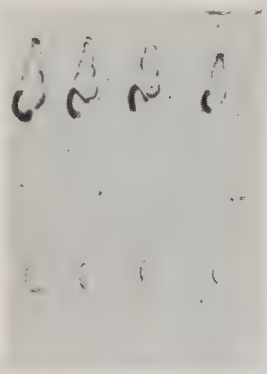


Abb. 3

Abb. 2. *Melanoides tuberculata*, Autoradiogramm eines Schalenanschliffes, nach Paraffineinbettung, ein Rest des Weichkörpers ist in der Schale verblieben, Vergrößerung 3 : 1.

Abb. 3. *Melanoides tuberculata*, Autoradiogramm von Schalenanschliffen (dieselben Tiere wie in Abb. 1, Reihe 4), nach Paraffineinbettung, obere Reihe: 128 Stunden Expositionszeit, untere Reihe: 2 Stunden Expositoinszeit, natürliche Größe.

◀

Abb. 1. *Melanoides tuberculata*, Autoradiogramm von Schalenanschliffen, Exposition ohne Paraffineinbettung in Luft, natürliche Größe.

1. Reihe: 10 Tage in Ca^{45}-haltigem Wasser, ungefüttert;
2. Reihe: 1 Tag in Ca^{45}-haltigem Wasser, ungefüttert;
3. Reihe: 10 Tage in Ca^{45}-haltigem Wasser, gefüttert;
4. Reihe: 20 Tage in Ca^{45}-haltigem Wasser, gefüttert;
5. Reihe: 10 Tage in Ca^{45}-haltigem Wasser, ungefüttert;
6. Reihe: 10 Tage in Ca^{45}-haltigem Wasser, gefüttert.

Es ist unbestritten, daß auch das in der organischen Nahrung enthaltene Calcium resorbiert und zum Schalenaufbau verwendet werden kann. In einer kleinen Meßreihe wurde geprüft, ob das in Kartoffel, Möhre und Vitawil enthaltene Calcium den Bedarf der Schnecke decken kann.

Dazu wurden 4 Gruppen mit je 11 Tieren (von 6,6 bis 11,3 mm Gehäuselänge) angesetzt und bei durchschnittlich 24 °C gehalten. Gruppen A und B erhielten Wasser von 9,85° DH, Gruppen C und D Wasser von 1,1° DH, das durch Verdünnen mit destilliertem Wasser hergestellt wurde. Um den osmotischen Druck gleichzuhalten, wurde diesem Wasser eine berechnete Menge Kochsalz zugegeben. Schädigungen durch diese minimale Menge Kochsalz sind nicht zu erwarten, da *Melanoides tuberculata* sich ohne Schaden sogar in hochprozentigem Brackwasser züchten läßt. Das Wasser wurde wöchentlich einmal erneuert. Die Gruppen B und D mußten hungern, A und C wurden mit Vitawil, Kartoffel- und Möhrenstückchen gefüttert. Gemessen wurde die Gehäuselänge und der Zuwachs nach 40 Tagen (Tab. 1).

Tabelle 1. Zuwachs von *Melanoides tuberculata* in 40 Tagen

		Gruppe A, gefüttert, Wasser: 9,85° DH	Gruppe B, ungefüttert, Wasser: 9,85° DH	Gruppe C, gefüttert, Wasser: 1,1° DH	Gruppe D, ungefüttert, Wasser: 1,1° DH
Summe der Gehäuselängen der 11 Tiere (in mm)	18. 2. 59:	93,4	98,8	99,2	94,4
Summe der Gehäuselängen der 11 Tiere (in mm)	29. 3. 59:	99,5	102,3	99,3	93,7
	Zuwachs:	+6,1	+3,5	+0,1	—0,7

Aus Tab. 1 geht hervor, daß die Schnecken der gegebenen Nahrung nicht genügend Calcium entziehen können, um auch bei kalkarmem Wasser den Calcium-Bedarf zu decken. Es ist also deutlich, daß zumindest in diesem Fall eine höherer Kalkgehalt des Wassers auch wirklich notwendig war.

Es sind erweiterte Versuche mit standardisierter Nahrung und Wasser geplant, um die Mindestansprüche verschiedener Schnecken bei gegebener Ernährung an den Ca-Gehalt des Wassers festzustellen.

Die Versuche mit radioaktivem Calcium erweisen also, daß *Melanoides tuberculata* dem Wasser gelöstes Calcium entziehen und zum Aufbau der Schale verwenden kann.

Für mehrere Meeresmuscheln war dies schon länger bekannt (*Crassostrea virginica* durch Bevelander, Benzer, Jodrey, Wilbur u. a. untersucht, *Mytilus californianus* durch Rao und Goldberg (1954) aber auch für die Süßwassermuscheln *Anodonta* (Asano, Ito und Kumagai 1956, Schoffeniels 1951 a und b) und *Hyriopsis schlegelii* (Horiguchi 1958). Der Nachweis bei *Melanoides* steht also durchaus nicht isoliert da. Durch Wilbur und Mitarbeiter ist die Analyse der Kalkaufnahme und Ablagerung bei *Crassostrea* schon weit vorangetrieben worden. Hier in diesem Zusammenhang soll noch ein interessantes Ergebnis besonders vermerkt werden: Auch den Carbonatanteil des Schalenkalkes vermag *Crassostrea* dem Meerwasser zu entziehen (Hammen und Wilbur 1959).

Die dargestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß Frömmings Annahme, der Kalkgehalt des Wassers könne von den Süßwassermollusken nicht verwertet werden, jedenfalls keine allgemeine Gültigkeit hat. Es hat im Gegenteil gerade den Anschein, als ob diese Fähigkeit ganz allgemein den Wassermollusken zukommt, da sie sowohl

bei Muscheln wie bei Schnecken zu finden ist. Man müßte also jetzt umgekehrt fragen: nämlich, ob es Muscheln oder Wasserschnecken gibt, denen diese Fähigkeit abgeht.

Schließlich muß noch der Punkt 1 der eingangs gegebenen Aufstellung diskutiert werden, also die Frage, in welchem Maße der Kalkgehalt des Wassers das Vorkommen und die Gehäuseausbildung beeinflussen kann. Sie müßte im einzelnen noch durch Zuchtexperimente geklärt werden, in denen einerseits die Nahrung, andererseits der Ca-Gehalt des Wassers variiert werden. Die vorliegenden Experimente lassen es aber als wahrscheinlich ansehen, daß der Einfluß des Ca-Gehaltes ganz erheblich ist, wenn er auch sicher nicht der einzige Faktor von Bedeutung ist. Genetisch bedingte Verschiedenheiten der Schalenstärke und biologische Anpassungen, z. B. in der Brandungszone eines Sees (s. Frömming 1938—1956) sind keine Argumente, die den Einfluß des Wassercalciums widerlegen. So stehen denn auch den vielen Fällen ökologischer Untersuchungen, in denen eine Beziehung zwischen Ca-Gehalt und dem Vorkommen sowie der Schalenausbildung der Süßwassermollusken gefunden wurde, nur ganz wenige gegenüber, in denen auch bei extrem niedrigem Ca-Gehalt des Wassers Schnecken mit normalem Gehäuse gefunden wurden. Man müßte in diesen Fällen (Frömming 1956) einmal untersuchen, ob der Ca-Gehalt in den betreffenden Gewässern das ganze Jahr über so niedrig bleibt und ob nicht ein kalkarmes Gewässer an der Molluskenfundstelle gerade einen besonders kalkreichen Grund mit außergewöhnlich kalkhaltigen Pflanzen passiert. Außerdem wird die spezifische Faunenzusammensetzung an den betreffenden Stellen zu untersuchen sein, da sicher der Kalkbedarf bei verschiedenen Arten unterschiedlich hoch und unter anderem sicher abhängig von der normalen Schalenstärke und der Wachstumsgeschwindigkeit der Art ist. Zudem wird auch das Vorhandensein oder Fehlen von Feinden und Parasiten auf das Vorkommen der Mollusken gerade im Grenzbereich ihrer Existenzmöglichkeit von großer Bedeutung sein.

Zusammenfassung

Versuche mit radioaktivem Calcium an *Melanoides tuberculata* haben ergeben, daß diese Schnecke in der Lage ist, den Kalkgehalt des Wassers für ihren Schalenbau zu verwerten, und daß sie bei einer bestimmten Nahrung (Kartoffel, Möhre, Vitawil) auch darauf angewiesen ist, diesen Kalk auszunutzen. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zur Ansicht Frömmings, der dem Kalkgehalt des Wassers für die Süßwassermollusken keine Bedeutung zumißt.

Literatur

Asano, M., Ito, M., and T. Kumagai, 1956: Comparative studies on aquatic animals. I. Calcium turnover of freshwater fish and shellfish. Tohoku J. Agr. Research **6**, 314—360.

Bevelander, G., and P. Benzer, 1948: Calcification in molluscs. Biol. Bull. **94**, 176—183.

Ehrmann, P., 1933: Weichtiere, Mollusca. In: Brohmer, Die Tierwelt Mitteleuropas II, 1. Quelle & Meyer, Leipzig.

Frömming, E., 1938: Untersuchungen über den Einfluß der Härte des Wohngewässers auf das Vorkommen unserer Süßwassermollusken. Int. Revue ges. Hydrobiol. **36**, 531—561.

— 1953: Ein Beitrag zur Frage des Kalkstoffwechsels unserer Süßwasserschnecken. Z. Naturforschg. **8b**, 258—263.

— 1956: Biologie der mitteleuropäischen Süßwasserschnecken. Duncker & Humblot, Berlin.

Hammen, C. S., and K. M. Wilbur, 1959: Carbon dioxide fixation in marine invertebrates. I. The main pathway in the oyster. J. Biochem. **234**, 1268.

Hevesy, G., 1948: Radioactive Indicators. Interscience Pub. Comp., New York, London.

Horiguchi, Y., 1958: Biochemical studies on *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* and *Hyriopsis schlegelii*. IV. Absorption and transference of Ca^{45} in *Hyriopsis schlegelii*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fisheries **23**, 710 (zitiert nach Wilbur 1960).

Hubendick, B., 1947: Die Verbreitungsverhältnisse der limnischen Gastropoden in Südschweden. Zool. Bidr. Uppsals **24**, 419—559.

Hungerland, H., 1957: in: Tannhausers Lehrbuch des Stoffwechsels und der Stoffwechselkrankheiten, p. 865 ff., G. Thieme-Verlag, Stuttgart.

Jodrey, L. H., 1953: Studies on shell formation. III. Measurement of calcium deposition and calcium turnover in mantle tissue using the mantle-shell preparation and Ca^{45}. Biol. Bull. **104**, 398—407.

Maurer, W., und A. Zimmer, 1952: Verfahren zur Bestimmung der Acidität des Magens ohne Magenschlauch über Untersuchung von Urinproben. Münch. med. Wschr. **94**, 1071.

Rao, K. P., and E. D. Goldberg, 1954: Utilization of dissolved calcium by a pelecypod. J. Cellular Comp. Physiol. **43**, 283—292.

Schmidt, H. A., 1955: Zur Abhängigkeit der Entwicklung von Gehäuseschnecken vom Kalkgehalt des Bodens. Arch. Moll. **84**, 167—177.

Schoffeniels, E., 1951a: Mise en évidence par l'utilisation du radiocalcium, d'un mécanisme d'absorption du calcium a partir du milieu extérieur chez l'anodonte. Arch. intern. Physiol. **58**, 467—468.

— 1951b: Utilisation du radiocalcium pour l'étude de la diffusion du et remplacement du calcium au niveau des tissus de l'anodonte. Ibid. **58**, 469—472.

Thienemann, A., 1932: Schwankungen des Grundwasserstandes in Norddeutschland während der letzten Jahrzehnte, ihre Ursachen und ihre limnologische, geologische und wirtschaftliche Bedeutung. Arch. f. Hydrobiologie **24**, 345—428.

— 1950: Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Die Binnengewässer Bd. **18**, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Traut, W., 1960: Der Kalzium-Magnesium-Haushalt des Iznik-Sees und seine Beziehung zur Molluskenfauna. Hidrobiologi (Istanbul) **5**, 17—24.

Trübsbach, P., 1943: Der Kalk im Haushalt der Mollusken. Teil 1. Arch. Moll. **75**, 1—29.

— 1947: Der Kalk im Haushalt der Mollusken. Teil. 2. Ibid. **76**, 145—162.

Vinogradov, A. P., 1953: The elementary composition of marine organisms (translated by J. Efron and J. K. Setlow). Yale University Press, New Haven.

Voelker, J., 1959: Der chemische Einfluß von Kalziumkarbonat auf Wachstum, Entwicklung und Gehäusebau von Achatina fulica Bowdich (Pulmonata). Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst. **57**, 37—78.

Wagge, L. E., 1952: Quantitative studies of calcium metabolism in Helix aspersa. J. Exper. Zool. **120**, 311—342.

Wesenberg-Lund, G., 1939: Biologie der Süßwassertiere (Wirbellose Tiere). Julius Springer, Wien.

Wilbur, K. M., 1960: Shell structure and mineralization in molluscs aus: Calcification in Biological Systems. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C. p. 15—40.

Wilbur, K. M., and L. H. Jodrey, 1952: Studies on shell formation. I. Measurement of the rate of shell formation using Ca^{45}. Biol. Bull. **103**, 269—276.

Wojta, H., 1954: Oberflächenchemische Prozesse als wesentlicher Teil des Mineralstoffumsatzes im Knochen. Klin. Wschr. **32**, 1025.

Walther Traut
Zoologisches Institut der Universität, Saarbrücken 15
Dr. Udo E. Klein
Pathologisches Institut,
Universitätskrankenhaus Eppendorf,
Hamburg 20

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	441—446

Syoziro Asahina

Is *Epiophlebia laidlawi* Tillyard (Odonata, Anisozygoptera) a good species?

In his notable work, Tillyard (1921) named the puzzling "Himalayan larva" *Epiophlebia laidlawi* representing another relict species of the suborder Anisozygoptera in recent age. Based mainly upon the affinities seen in wing venation, he recognized it to be congeneric with the Japanese kin. For the specific distinction the remoteness of the habitats was the main reason. In a later year, after the larva of Japanese *Epiophlebia superstes* had been found, Dr. Furukawa (1934) made a comparison between penultimate instar nymphs of both species. Asahina (1954) reexamined the same problem but did not accept the differenciating characters stated by Furukawa to be conclusive, and was of the opinion that "both species are very closely related."

In the spring of 1958, the author had an opportunity to visit Darjeeling area, and succeeded to rediscover the nymphs of the possible Himalayan species presumably from the same brook where Kemp obtained the single type specimen just forty years ago. In the following pages is given a comparison of the two species in question.

Description of an ultimate instar larva (Pl. 1, Fig. 1)

♂: Total length 23.5 mm; length of abdomen 13.7 mm; breadth of head across eyes 6.8 mm; greatest breadth of abdomen at seventh segment 7.0 mm; length of hind femur 6.0 mm.

General colour chestnut brown, body surface strongly rugose all over. A pair of antehumeral yellow markings is recognizable through the sclerite of mesothoracic episternum, these markings are quite the same with those of *E. superstes*; 3—7 abdominal segments also show paired pale markings, which will develope to the abdominal markings of the adult insect.

Head a little broader than that of *superstes*; antenna (Text-figs 1,2) five segmented, the third joint is more slender than the basal two, but distinctly thicker than the distal two, and longer than the distal two segments put together; mandible (Text-fig. 3) is clearly divided into two lobes, in the left mandible the incisor lobe consists of four strong teeth while in the right it is five, on both the molar lobe five teeth are arranged on one ridge; the maxilla (Text-fig. 4) is quite the same with that of *superstes*, the inner lobe is provided with seven teeth, inner two of them being smaller in size; the feature of the labium (Text-fig. 5) does not afford any distinguishing character from *superstes*, the movable hook is rather straight and slightly shorter than the outer border of the lateral lobe, there are about 15—16 minute teeth on the inner border of the latter.

Prothoracic tergum (Text-fig. 6) is very similar to that of *superstes*, but the anterolateral angle is distinctly obtuse while it is sharply angulated in *superstes*; the legs are slightly longer with the femora, especially the forefemur, broader than that of *superstes*; the minute median pretarsal claw is present on each leg.

The apex of the sheath of the right hindwing reaches the middle of fourth segment, while that of the left hindwing, in this specimen, only to the end of the third, the latter fact seems to be due to malformation.

Abdomen subcylindrical from base to seventh segment, then tapering to the last segment as that of *superstes*, but it appears slightly narrower in general and the lateral spines on the 7—9 segments scarcely developed (Text-fig. 9), while, in *superstes*, the posterolateral angles of 7—9 segments are distinctly protruded to round processes (Text-fig. 10). The longitudinal, rather irregular, narrow ridges on each of the abdominal tergites appear slightly more developed but this is not decisive.

The anal appendages are also very similar to those of *superstes*; the dorsal process of the epiproct, which later changes to adult inferior appendage, is divided apically (Text-fig. 11) but the apices are not so distinctly wide apart as that of *superstes*, the former feature will coincide with what was illustrated by TILLYARD. The apex of the paraproct is slightly pointed inward to a minute claw, there is a tuft of hairs on the ventral side of this part, but no "pore" is recognizable, in spite of the statement of TILLYARD.

Simiarly to *superstes* there are sound-producing striae along the lateral edge of 3—7 segments.

Description of a penultimate instar larva (Pl. 1, Fig. 2)

♀: Total length 18.2 mm; length of abdomen 9.5 mm; breadth of head across eyes 5.6 mm; greatest breadth of abdomen at seventh segment 6.5 mm; length of hind femur 4.8 mm. Body more stumpy than the ultimate instar insect.

General colour pale chestnut brown, eyes deep brown; 2—6 abdominal segments show a pair of ambiguous yellow markings foreshadowing those of adult dragonfly.

Head is slightly broader than that of *superstes* which has 5.3—5.4 mm across the eyes; the third segment of antenna is slightly longer and thicker than the same of *superstes*, but it is less remarkable than in ultimate instar; mandibles, maxillae and labium do not appear to have any good distinguishing character.

The anterolateral angle of the prothoracic tergum, in dorsal view, obtusely produced as that of the last instar larva; the femora, especially those of forelegs (Text-fig. 7), are broadly flattened and evidently broader than those of *superstes*; the sheath of hindwing reaches the middle of second abdominal segment.

The abdomen is slightly broader than that of *superstes* which has 6.2 mm at the seventh segment; the posterolateral corners of 7—9 segments are rather squarely cut developing no rounded projection as that of *superstes*; the small longitudinal ridges on the tergites are comparatively well marked.

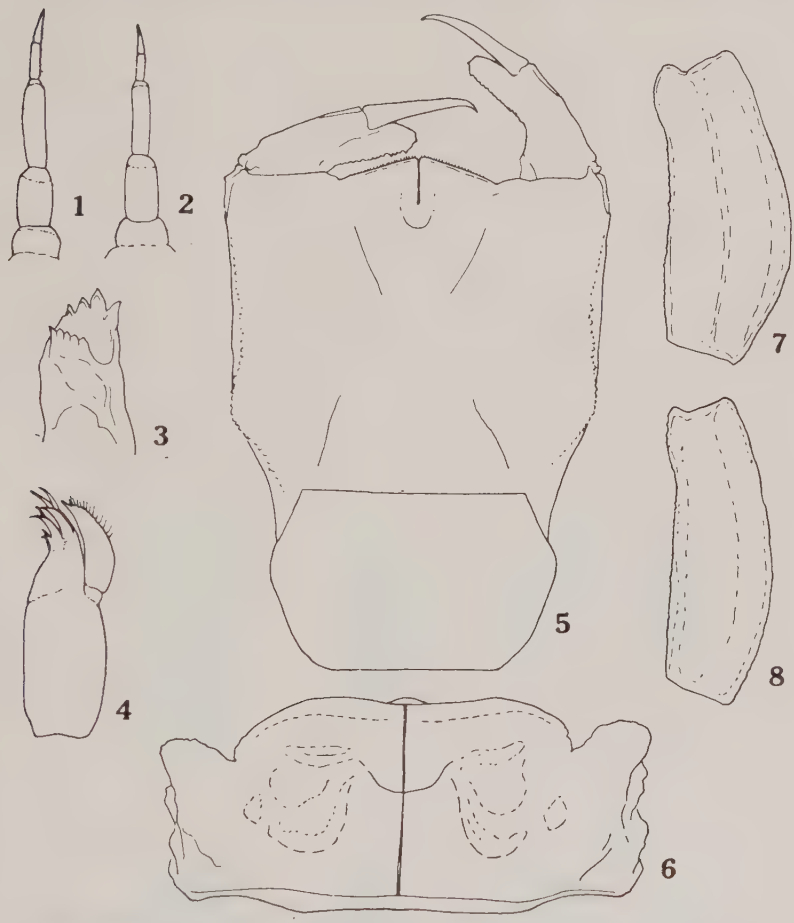
The anal appendages (Text-fig. 12) are closely allied to those of *superstes* and do not afford any good distinguishing character; on the ventral side of the paraproct the minute apical hook and tuft of adhesive hairs are recognized (Text-fig. 13) as seen in the ultimate instar; the rudiments of female ovipository organ are also remarkably like those of *superstes*, their distal end reaching the 3/5 of the length of the 9th abdominal sternum (Text-fig. 13).

The striduratory organ is recognizable on the lateral edge of 3—7 abdominal segments.

Tertiultimate larvae (Pl. 1, Fig. 3)

1♂ 3♀: Total length 13.5—14.0 mm; length of abdomen 8.0—8.2 mm; breadth of head across eyes 4.5—4.7 mm (*superstes* 4.3 mm); greatest breadth of abdomen at 7th segment 5.2—5.5 mm (*superstes* 5.0 mm); length of hind femur 3.7—4.0 mm (*superstes* 3.7 mm). General colour dark brown, similarly marked to the preceeding instar.

The comparatively large size, the feature of the third antennal segment, the obtuse corner of the prothoracic tergum, the broader femora and undeveloped posterolateral angle of abdomen are again distinguishing characters as in the preceeding instar. The wing buds reach the middle of the first abdominal segment. The lateral stridulating files are already developed on 3—7 abdominal segments. The rudiment of male inferior appendage is only feebly formed; the female ovipository processes are clearly discernible, but the valvula of the eigth segment seems shorter than that of *superstes*.



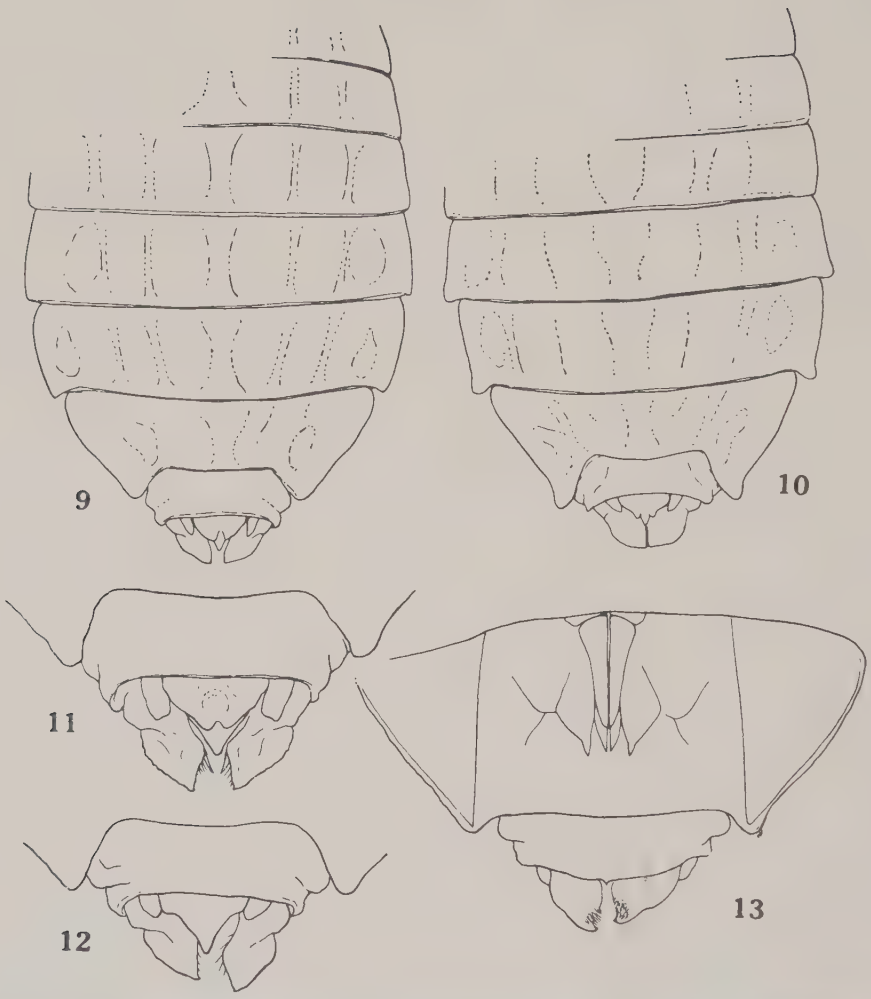
Figs. *1—7*. *Epiophlebia laidlawi*. *1* Ultimate instar larva ♂, left antenna; *2* the same, right antenna; *3* the same, left mandible *4* the same, left maxilla; *5* the same, labium, inner view; *6* the same, prothoracic tergum, dorsal view; *7* penultimate instar larva ♀, right profemur; *8 Epiophlebia superstes*, penultimate instar larva ♀, right profemur.

Quartultimate larva (Pl. 1, Fig. 4)

1♀: Total length 10.2 mm; head breadth across eyes 3.7 mm; breadth of the seventh abdominal segment 4.0 mm; this larva has a defect on the left side of the end of abdomen. The body marking is "banded", which feature is also frequent in Japanese congener. The slightly larger size, and the other main distinguishing characters are all applicable for separation from *superstes* larvae of the same instar.

Comparison of both species and conclusion

As shown by the photographs and drawings, both species are very closely allied, TILLYARD's supposition the both belong to a single genus can therefore be sustained. But, as described above, a comparison of the external structures affords throughout



Figs. *9*, *11—13*. *Epiophlebia laidlawi*. *9* Ultimate instar larva ♂, abdominal segments, dorsal view; *10 Epiophlebia superstes*, ultimate instar larva ♂, the same as above; *11* ultimate instar larva ♂, caudal appendages, dorsal view; *12* penultimate instar larva ♀, caudal appendages, dorsal view; *13* the same, ovipository processes, ventral view.

their last four instars a number of reliable distinguishing characters, which can be tabulated as follows (p. 445).

In view of the present knowledge of the taxonomy of larval stages of the Odonata these differences are undoubtedly significant and well worth while to recognize two good species, *Epiophlebia superstes* from Japan and *Epiophlebia laidlawi* from the Himalayas. The supposed adult insect of *E. laidlawi* will be slightly larger in size than *E. superstes* and has almost similar body markings of black and yellow, with similar but less divergent male inferior appendage.

Structures	*laidlawi*	*superstes*
Body size	slightly larger	
Third antennal segment	comparatively longer and thicker	
Anterolateral angle of the prothoracic tergum	seen from above obtuse rounded	seen from above sharply pointed anteriorly
Forefemur	longer and decidedly broader	
Lateral spines of 7—9 abdominal segments	undeveloped	each well protruded into a round process
Rudiment of the adult inferior appendage on the epiproct	apex divided but not widely divergent	apex divided and well divergent

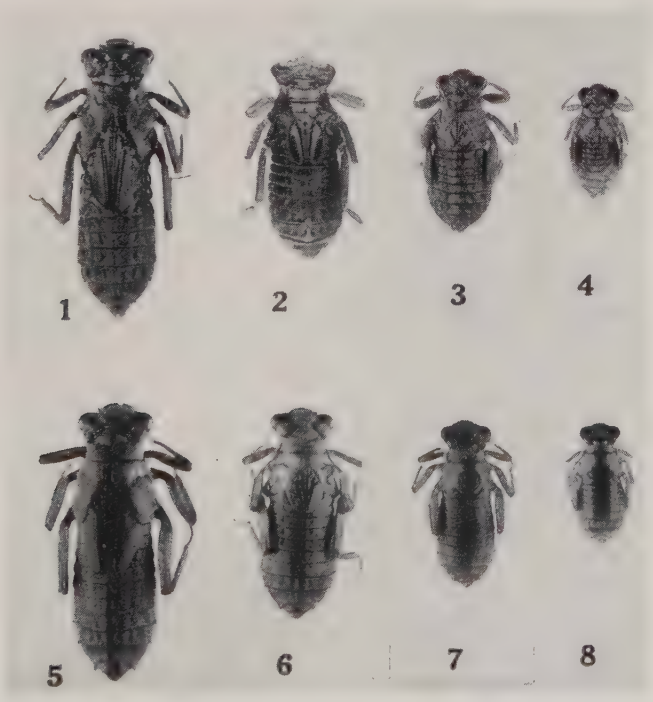


Plate 1. *1—4 Epiophlebia laidlawi* from Darjeeling.
1 ultimate instar ♂; *2* penultimate instar ♀; (Allotype specimen); *3* tertiultimate instar ♀; *4* quartultimate instar ♀;
5—8 Epiophlebia superstes from Japan.
5 ultimate instar ♂; *6* penultimate instar ♀; *7* tertiultimate instar ♀; *8* quartultimate instar ♀.

On this occasion the author wishes to designate the penultimate female larva to be the allotype specimen. All the material will be preserved in the author's collection except one which will be preserved in the Zoological Survey of India, Calcutta.

Finally, the author should like to express his sincere gratitude and respect to Dr. F. F. LAIDLAW, Sudbury, who was the first to study and rightly recognized the "Himalayan larva" and has not spared to pay his continual encouragement to the present author.

References

ASAHINA, A., 1954: A morphological study of a relic dragonfly, Epiophlebia superstes Selys (Odonata, Anisozygoptera). 1—153, 71 pls. Tokyo.

ASAHINA, S., 1958: On a rediscovery of the larva of Epiophlebia laidlawi TILLYARD from the Himalayas (Odonata, Anisozygoptera). TOMBO **1**, 1—2.

Editor [= C. M. INGLIS], 1936: A missing link. Journ. Darjeeling Nat. Hist. Soc. **11**, 2, 82—83, 1 pl.

FRASER, F. C., 1935: A missing link. Journ. Darjeeling Nat. Hist. Soc. **10**, 2, 56—59.

FURUKAWA, H., 1934: On the nymph of a dragonfly *Epiophlebia superstes* SELYS. Annot. Zool. Jap. **14**, 4, 451—456.

TILLYARD, R. J., 1921: On an Anisozygopterous larva from the Himalayas (Order Odonata). Rec. Ind. Mus. **22**, 93—107, 1 pl.

Dr. SYOZIRO ASAHINA
Totsuka, III—123, Shinjuku-ku,
Tokyo, Japan

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	447—459

N. V. Mironova

Murman Marine Biological Institute of the Academy of Sciences of the U.S.S.R.

Biology of the Barents Sea Saithe, *Pollachius virens* (L.)

Contents

1. Distribution and numbers 447
2. Migrations 448
3. Growth rate and size composition of stocks 449
4. Food and feeding 453
5. Ecology 457
6. References 458

There are but few papers on the biology and fishery of the saithe. Some information on its distribution, occurrence, feeding, spawning and production of young are given in numerous fishery papers on the North Atlantic. There are also surveys and articles on some aspects of its biology in different areas: on the Iceland coasts (Saemundsson, 1929; U. Schmidt, 1955, 1958; Fridriksson, 1952, 1953, 1958), in the Faroes (Bertelsen, 1942), and elsewhere.

The biology of the saithe in the Barents Sea is almost unknown. Information on its distribution within this sea, on number and catches, is scattered in many fishery papers published during last 50—60 years. The earliest indication of considerable concentrations at the Murman coast were given by Danilevsky (1862). A thorough survey of saithe catches at the end of the last century and the beginning of the present one was made by N. V. Romanov (1902). There are some brief data in the biology of this species by Essipov (1937, 1949) and Maslov (1952). Murmansky (1934) and Zhilinsky (1936) describe the development of saithe industry. In 1957 A. S. Baranenkova published a paper on distribution of larvae and 0-group saithe near North Norway and the Barents Sea. But the above papers throw little light on the biology of the fish.

During the last ten years the author succeeded in collecting some data on numbers of saithe, their growth rate and the feeding of young fish in the inlets of the Murman coast. Besides this, some information has been obtained during the period 1941 to 1955 (Mironova, 1951, 1956, 1957a, 1957b, 1957c; Maslov, 1958). The factual material obtained by the author in the course of the investigations is briefly presented here.

1. Distributions and numbers

In the Barents Sea the saithe occur in an area extending from North of Norway eastward to Cape Kanin, Goose Bank and Kolguev Island, and northward to south-western Spitsbergen and Hope Island.

During the first two years of life the young saithe inhabits the inlets and the narrow inshore zone of the Murman coast eastward to the entrance to the White Sea. Older age groups spread far out into the sea, but the majority clings to the coastal zone, the small-sized individuals being especially rare in the open sea.

As it has been shown by the several years' observations carried out at the Murman Marine Biological Institute, the saithe O-group is, as a rule, very abundant all along the Murman coast, in greater numbers than cod of the same age. The yearlings and the 2-year-olds swarm in large compact shoals in the inlets. The presence of large shoals of fish of commercial size in the open sea is verified both by direct observations at times when they keep close to the surface, and by the catches made with various fishing gear. Hauls with trawl and purse-seine sometimes yield up to seven and ten tons, respectively. Heavy catches are also obtained with pound nets and pound seines.

2. Migrations

The saithe fry transferred by sea-currents from the spawning grounds near Norwegian coasts appear in the inlets of the eastern part of the Murman coast at the end of June or early July. As a rule in mid-July they are already abundant. At this time they cling to the littoral zone forming large shoals sometimes right up to the coast. Small shoals of fry are observed inside the beds of littoral and sublittoral sea-weeds.

Multitudes of fry penetrate into coves where they can be found at the depth as shallow as 0,5 m, frequently in the water considerably freshened by inflowing streams. From October onwards the young saithe move to somewhat deeper water, and the yields of the seine hauls become much lower than they were in summer. Nevertheless, a certain quantity of the O-group is found in the inlets throughout the winter. By the beginning of April the first annual ring appears on the scales of the majority of these juveniles. In May and June the quantity of the yearlings in the inlets increases. In July and August large compact shoals of them often appear in the littoral zone. In summer, from June and onward, the 2-year-olds appear in bays and inlets, sometimes in large numbers. Saithe older than two years of age have never been observed in the inlets of the eastern part of the Murman coast.

Analysis of the trawl-catches of the research vessels of the Polar Institute of Marine Fisheries and Oceanography and those of the Murman Marine Biological Institute, as well as on the hauls of commercial trawlers has made it possible to trace the seasonal changes in the distribution of the near-bottom concentrations of the commercial-age saithe.

Saithe are known to perform considerable vertical migrations. This is obvious from the fact that they can be caught by means of gears so different from one another, as the trawl and the purse seine. Unfortunately, there are still no available data on vertical distribution, and the author can only present estimates based on trawl hauls (fig. 1, 2). Thus, during the period between January and April, considerably concentrations of saithe on the banks near the northern coast of Norway and near the western part of the Murman Coast have been recorded. Shoals of mainly large saithe have been observed near the coasts of Norway where the spawning takes place in spring-time. It is a remarkable fact that, despite the intense trawling that takes place at the beginning of the year in the central parts of the Barents Sea along the main stream of the Murman Current, catches of the saithe in these regions have never been reported. A decrease in numbers of saithe near the coasts of Norway and

their migrations to the north-east is observed in May. In June and July the spread attains its maximum, reaching Kanin Bank and the slopes of Goose Bank. In August, saithe have been recorded on the southern slope of Goose Bank, on Kanin Bank and Demidov Bank, in the region of Hope Island, and Persey Bank. The same of a similar distribution persists during September—October. In November the presence of saithe has been recorded only in the inshore zone of western Murman Coast, and on the southern slope of the Bear Island Bank. In December large-sized appear again near the coasts of Norway.

Thus, saithe are found on the Norwegian and western Murman coasts throughout the year; apparently some shoals over-winter in this region.

In general, the pattern of saithe migrations in the Barents Sea is similar to that of the cod. Young saithe inhabit the coastal zone, performing local wandering from the coast to the open sea and back; the mature saithe perform spawning migrations to the coasts of Norway returning, after spawning, to the Barents Sea, keeping within the track of the warm current. The difference in the distribution between saithe and cod is that the former have a coastward tendency, and immature saithe apparently do not migrate for considerable distances.

3. Growth rate and size composition of stocks

The average monthly sizes for every age beginning with the O-group and up to the 2-year-olds from 30000 measurements over the period 1949—1954 are summarized in Table 1. This shows that the growth rate is fast: from the end of June to September the size of fry is doubled. In winter growth is slowed down. The general character of the growth is similar to that of the cod; though saithe growth is more

Table 1. Average monthly size of the young saithe in cm

Age	Months	n	M ± m	lim
0	June	254	30,08 ± 0.152	29— 39
	July	11188	40.03 ± 0.072	18— 69
	August	10284	56.3 ± 0.122	28—101
	September	2074	75.9 ± 0.299	43—143
	October	804	102.42 ± 0.459	54—153
	November	697	111.6 ± 0.522	71—163
	December	195	128.07 ± 1.713	85—180
	January	8	115.5	106—134
	February	264	114.94 ± 0.753	87—166
	March	332	117.54 ± 0.681	88—158
1+	April	79	116.89 ± 1.124	99—141
	May	656	135.11 ± 0.972	80—197
	June	915	145.66 ± 0.671	97—213
	July	814	171.23 ± 0.723	120—240
	August	977	187.23 ± 0.561	150—250
	September	34	217.26 ± 4.07	170—263
	October	40	228.3 ± 1.93	201—258
2+	April	60	290.0 ± 2.29	260—330
	June	10	266.5 ± 8.99	211—315
	July	62	304.7 ± 3.291	213—360
	August	70	308.21 ± 2.702	230—364
	September	12	311.50 ± 8.03	280—356

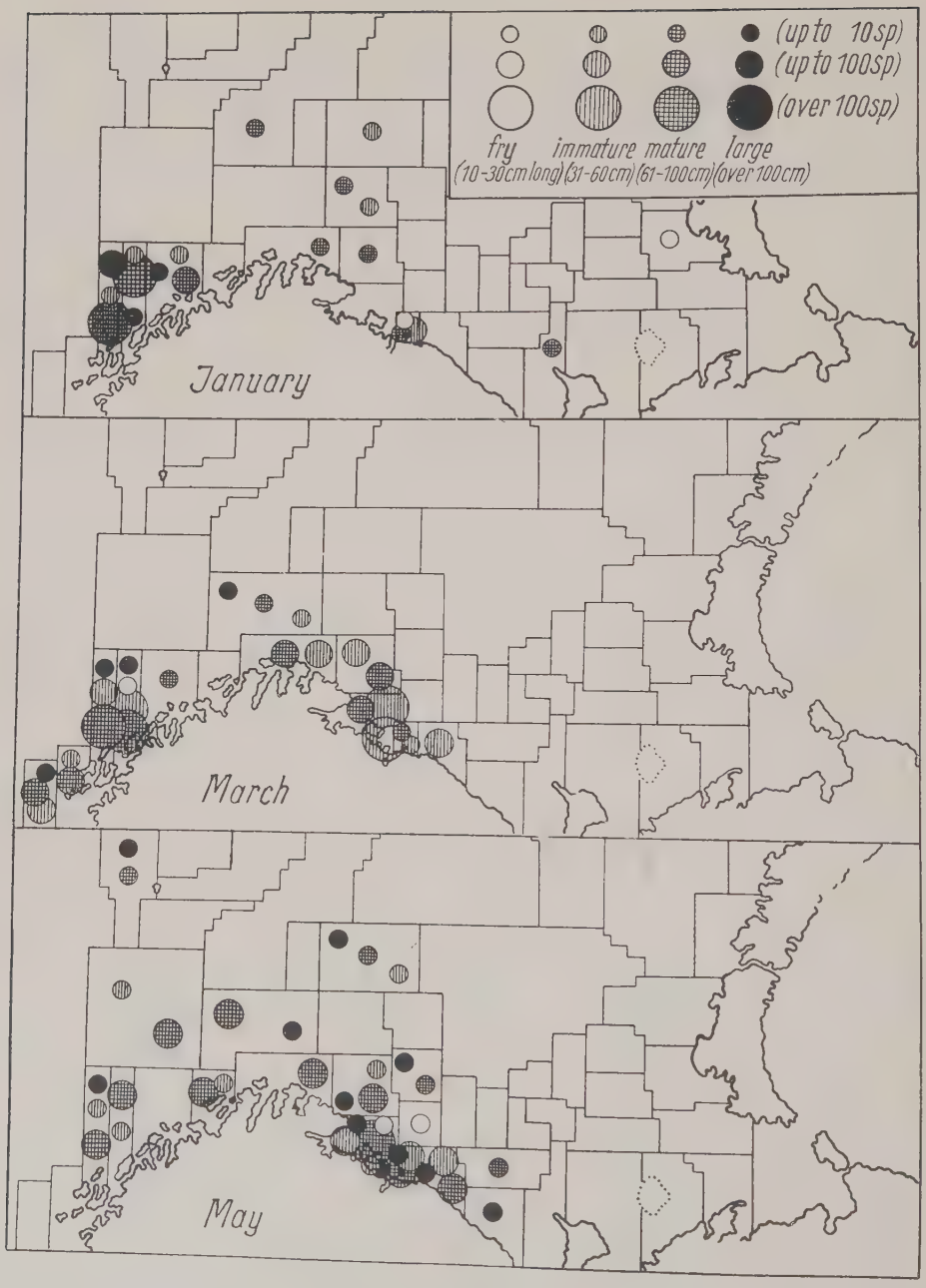


Fig. 1. Distribution of saithe in the Barents Sea in January, March and May (in spec./trawl-haul).

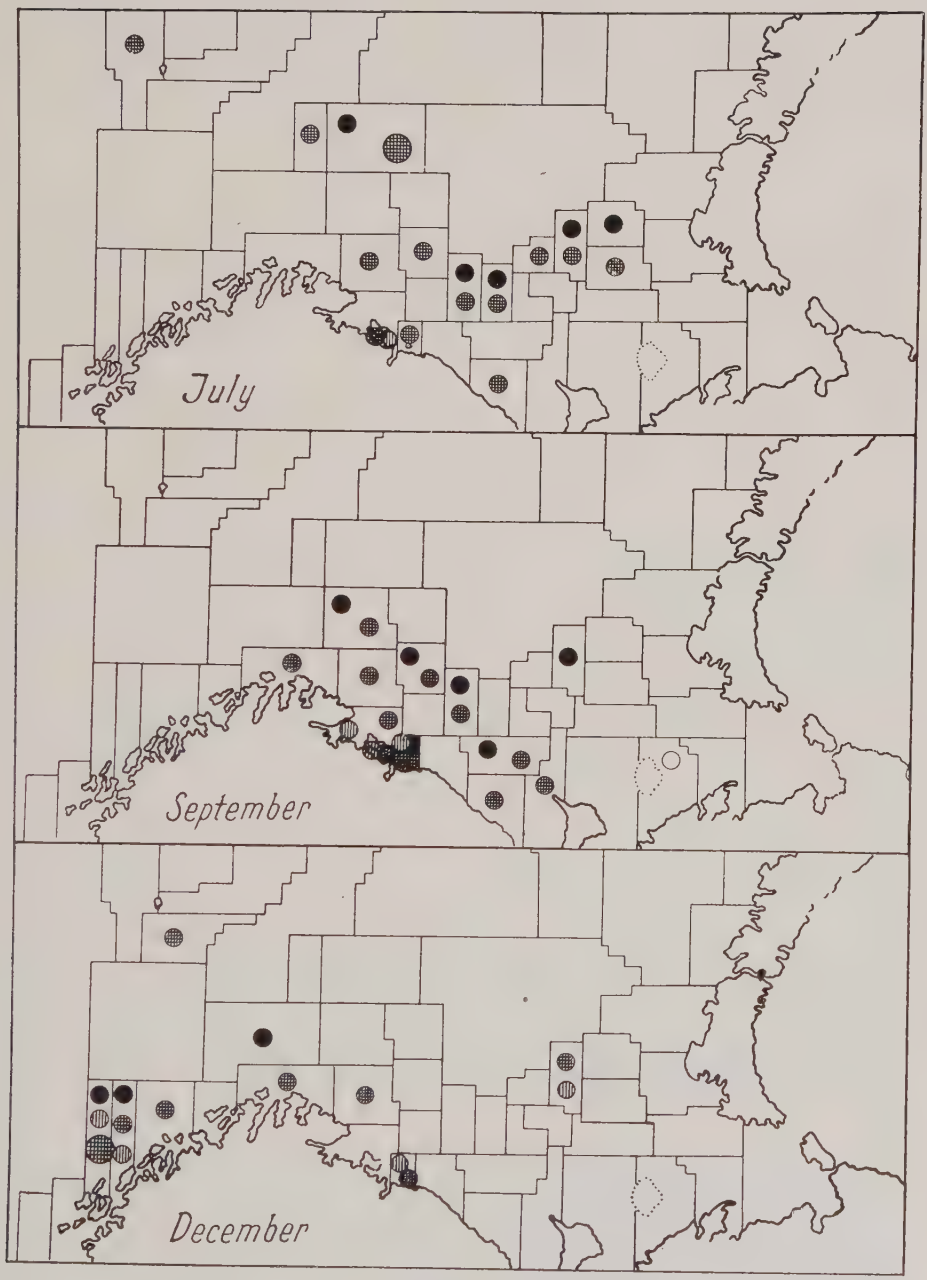


Fig. 2. Distribution of saithe in the Barents Sea in July, September and December (in spec.,/trawl-haul).

rapid. In July cod fry, on average, are somewhat larger than the saithe fry, but by October the latter already considerably exceed the young cod in size. Up to the age of maturity (4—6 years) saithe grow more rapidly than the cod.

The estimates of average sizes of older age-groups are based on otolith measurements. The average sizes of the age-groups II—VIII are given in Table 2.

Table 2. Average annual size of saithe in cm

Age	n	M ± m	lim
2+	115	30.56 ± 0.270	20—35
3+	89	39.58 ± 0.445	30—57
4+	215	49.95 ± 0.449	37—69
5+	84	50.01 ± 0.677	47—75
6+	30	72.50 ± 0.921	59—80
7+	7	82.29 ± 1.207	78—86
8+	6	88.23 ± 2.204	80—93

Two specimens of 101 cm were 11 and 12 years old.

Analysis of the maturity of the gonads of 478 specimens, from various localities in different years, shows that saithe are capable of spawning at lengths of 50—55 cm (i. e. at the age of 5 or sometimes even at 4 years).

Saithe ranging from 10 to 116 cm in length were found in the trawlhauls. From 1941 to 1955 the peak of the size distribution curve fells in the 60—70 cm length class. The average length computed for the whole different period, was 68,91 ± 0,291 cm. The means for different months (with rare exceptions) varied from 70 to 88 cm. The higher average sizes indicate a considerable admixture of more advanced age-groups in the population. The number of individuals of lengths over 70 cm and over 100 cm were 42,1 and 3,1 percent, respectively.

As can be seen from the comparison of the size composition of the Barents Sea saithe populations with that of cod, both the average size, and the proportion of large individuals, are greater in saithe population. Thus, according to the data collected at the Polar Institute, the average length of cod in 1954 (the mean of 205000 measurements) was 47,71 ± 0,076 cm; the proportion of individuals over 70 cm was only 4,2 per cent. In 1955 the average length of cod was 54,95 cm; in 1956, it attained 57,12 cm (the mean of 153000 measurements), the proportion of individuals over 70 cm was 15 per cent. In each case, both the average size and the proportion of large individuals of cod were lower than those of saithe. A higher average size indicates that the population of the Barents Sea is not appreciably influenced by the fishery and consequently is abundant and has a good size composition.

As mentioned above, saithe stocks are characterized by a coastward tendency. The distribution of the different sizes is of great interest. It is a well known fact that multitudes of the 0-group fish are found in the inlets of the Murman coast where the yearlings are also found throughout the year, while the 2-year-olds are encountered only during summer. The dense shoals of the latter sometimes penetrate into the inlets, and large quantities are then caught with pound seines. The average length in these shoals is about 30 cm. As a rule the saithe caught close to the coast is not large either. The average length of saithe caught within 10—20 miles from the coast varies from 40 to 55 cm.

Ninety three per cent of the total number of the measured specimens (over 5000) were caught in the fishing areas close to the Murman and Norwegian coasts. Ninety six per cent of the total number of specimens (430) caught in the open sea were over 60 cm.

4. Food and feeding

The stomach contents of 3000 0-group, 500 yearlings, and 50 2-year-old saithe were examined, and a field analysis of stomach contents of 1500 specimens of commercial age was made in various sea regions in different months during several years. The most ample evidence was, therefore, obtained for the O-group saithe.

Young saithe dwelling in inlets are characterized by very intense feeding. The number of full stomachs is usually considerable while the percentage of empty stomachs is small (1,1% in the O-group and 3,6% in the yearlings, respectively). The relatively high fat content, which is consistent with the intense feeding of the young specimens, attained 7,6 per cent in the yearlings and 6,6 per cent in the 2-year-olds. Thus, the fat content of the young saithe exceeds that of cod of the same age.

The small percentage of empty stomachs, the entire filling of stomachs in most individuals, as well as the high fat content of the young fish shows that feeding conditions in the bays and inlets are favourable. The composition of the food of young saithe is extremely varied (Table 3). Representatives of 83 species of plankton and littoral animals have been found in the stomachs of the O-group. Most were small crustaceans of different orders, but mainly Copepoda. Besides different Calanoida, a large number of species of Harpacticoida were found. In the littoral zone the fish of 0-age group feed on small molluscs, on young Amphipoda, on larvae and pupae of Tendipedidae. Thus, at this stage the feeding of the fry is of a mixed character; the food is composed of both plankton and small representatives of benthos.

With increasing age the number of food species decreases due to elimination of the littoral forms, firstly molluscs and some species of Harpacticoida; the reason is that the yearlings and 2-year-old saithe are associated with the littoral zone somewhat less than the O-group; they keep close to its lower parts and spread out into the sublittoral.

Representatives of only 41 species have been found in the stomachs of the yearlings (Table 3). *Calanus finmarchicus*, *Harpacticus uniremis*, Euphausiacea and fry of some fish species (the cod, saithe, goby, sandeel) are the most important.

Out of the total number of species found in the stomachs, only a few form the chief food; only 19 species out of 83 found in the stomachs of the O-group and only 11 species out of 41 found in the stomachs of the yearlings showed the frequency of occurrence of over 10 per cent.

As already mentioned, *Calanus finmarchicus* is the most important item of food, both in frequency of occurrence and in average number of specimens in one saithe. Its importance, however, is not uniform throughout the year. It reaches two maxima, one in July—August, the other in February—March. Next to *C. finmarchicus* in importance are *Harpacticus uniremis* and *Idyaea furcata*. The frequency of occurrence of *H. uniremis* varies from 46 to 70 per cent in the fry and from 19 to 80 per cent in the yearlings. Up to 750 specimens of this species in one stomach were found in some fry, and thousands or several hundreds per stomach in some yearlings. The frequency of occurrence of *I. furcata* was somewhat lower, but the number of spe-

Table 3. The species of animals found in the stomachs of young saithe

Food organisms	Age		
	0	1+	2+
Polychaeta			
Nephthys coeca (Fabricius)	+	—	—
Eulalia viridis (Müller)	+	—	—
Nereis sp.	—	+	—
Spionidae larvae	+	—	—
Crustacea			
Cladocera			
Podon leuckarti Sars	+	—	—
Evadne nordmanni Lovén	+	—	—
Bosmina sp.	+	—	—
Ostracoda			
Ostracoda varia	+	—	—
Copepoda			
Oithona similis Claus	+	—	—
Euryte longicauda Philippi	+	—	—
Cyclopina sp.	+	—	—
Calanus finmarchicus Gunner	+	+	+
C. hyperboreus Kröyer	+	—	—
Pseudocalanus elongatus Boeck	+	+	—
Diaptomus gracilis G. O. Sars	+	—	—
Metridia sp.	+	+	—
Temora longicornis Müller	+	—	—
Acartia longiremis Lilljeborg	+	—	—
Centropages hamatus Lilljeborg	+	—	—
Heterocope borealis (Fischer)	+	—	—
Ectinosoma sp.	+	+	—
Microsetella atlantica Brady	+	+	—
Harpacticus uniremis Kröyer	+	+	+
H. litoralis G. O. Sars	+	—	—
H. schelifer (Müller)	+	—	—
Zaus abbreviatus G. O. Sars	+	+	—
Z. spinatus Goodsir	+	—	—
Z. goodsiri (Brady)	+	—	—
Idyaea furcata (Baird.)	+	+	—
Thalestris longimana Cls.	+	+	+
T. gibba Kröyer	+	+	+
Parathalestris jacksoni (Scott)	+	+	—
Rhinchothalestris helgolandica (Claus)	+	—	—
Halithalestris croni (Kröyer)	+	+	—
Dactylopusia vulgaris G. O. Sars	+	—	—
Parawestwoodia monensis (Brady)	+	—	—
Amphiascus hispidus (Norm)	+	+	—
A. nasutus (Boeck)	+	—	—
Ameira longipes (Boeck)	+	+	—
Laophonte sp.	+	—	—

Table 3 (Forts.)

Food organisms	Age		
	0	1	2+
Tachidius brevicornis LILLJEBORG	+	—	—
Danielssenia sp.	+	—	—
Cirripedia			
Balanus balanoides L., Cyprid	+	+	
Verruca strömia (O. MÜLLER) Nauplii	+	—	
— — Cyprid	+	+	—
Leptostraca			
Nebalia bipes (FABRICIUS)	+	+	
Mysidacea			
Praunus inermis (RATHKE)	+	+	—
Cumacea			
Lamprops fuscata SARS	+	+	—
Isopoda			
Jaera marina SARS	+	+	+
Limnoria lignorum (RATHKE)	+	+	—
Idothea baltica (PALLAS)	+	+	—
I. granulosa RATHKE	+	+	+
Amphipoda			
Hyperia galba MONTAGUE	+	+	+
Anonyx nugax (PHIPPS)	+	+	—
Orchomenella minuta (KRÖYER)	+	+	
Phoxocephalus holböli (KRÖYER)	+	—	
Gammarellus homari (FABRICIUS)	+	+	+
Gammarus sp.	+	+	+
Amphithoë rubricata (MONTAGUE)	+		
Ischyrocerus anguipes KRÖYER	+		
Corophium crassicorne BRUZELIUS	+		
Caprella septentrionalis KRÖYER	+	+	—
Euphausiacea			
Thysanoessa inermis (KRÖYER)	+	+	+
Decapoda			
Hyas araneus (LINNÉ) zoea	—	+	
— — megalopa	+	+	—
— — juv.	—	+	—
Decapoda larvae			+
Arthropoda			
Halacarida varia	+	+	—
Tendipedidae larvae	+	+	
— pupae	+	+	—
Mollusca			
Gastropoda			
Margarites helicina (PHIPPS)	+	+	+
M. grönlandica (CHEMNITZ)	+	—	—
M. olivacea (BROWN)	+	—	
Solariella varicosa (MIGHELS et ADAMS)	+	—	—
Littorina obtusata (LINNÉ)	+	+	

Table 3 (Forts.)

Food organisms	Age		
	0	1+	2+
Lacuna vincta (Montague)	+	—	—
L. pallidula (Da-Costa)	+	—	—
Hydrobia sp.	+	—	—
Rissoa aculeus Gould	+	—	—
Skenea planorbis (Fabricius)	+	+	—
Jeffresia globularis Jeffr.	+	—	—
Lamellibranchiata			
Mytilus edulis Linné	+	—	—
Cardium sp.	+	—	—
Cyamium minutum Fabr.	+	—	—
Pisces			
Mallotus villosus Müller	—	+	—
Pholis gunnelus (L.) juv.	+	—	—
Ammodytes sp.	+	+	+
Myoxocephalus scorpius L. juv.	—	+	—
Cyclopterum lumpus (L.) juv.	+	—	+
O-group cod-fishes	+	+	+
Fish eggs	—	—	+
Remains of various fishes	+	+	+

cimens of this species per stomach sometimes also exceeded 1000. The role of other crustaceans in the food of young saithe is relatively of small importance.

The percentage of empty stomachs among saithe of commercial age was large (50%). The greatest proportion of empty stomachs was observed from December until May. A large proportion of stomachs (28,3%) contained small quantities of food; the proportion of replete stomachs was smaller (14,2%) and only 7.5% of stomachs were stretched with food. By comparison, in 11 500 cod examined during 1956 at the Polat Institute, the percentages of empty stomachs, stomachs containing small quantities of food, replete and stretched stomachs were (per cent) 29,5, 51.9, 12,8 and 5,1, respectively. The proportions of replete and stretched stomachs (means for the year) were, therefore, approximately the same in both species, whereas the ratio of the empty stomachs to those containing a small amount of food was opposite in the cod to that in the saithe.

Although the quantitative composition of food of saithe cannot be characterized in detail on the basis of the field analysis, it is possible to make some estimate of the relative significance of different food organisms (Table 4). Thus, out of the total number of the stomachs dissected that contained some food (780), fishes and crustaceans were found in 58,9% and 32,6%, respectively. Coelenterates (mainly ctenophores), worms and cephalopods were found in 39, 4, and 2 stomachs, respectively.

The most important fishes in the food of saithe are capelins which are recorded in stomachs during the major part of the year; next is the herring, found in the stomachs almost all the year round, and finally some young gadoid fishes. Among the crustaceans, Euphausiidae have been mentioned most frequently, and shrimps are also found relatively often. In general it may be stated that the bulk of food is composed of various pelagic fishes and crustaceans which form large shoals and swarms (the capelin, herring, Euphausiacea).

Table 4. Percentage of various food organisms in the stomachs of saithe of commercial age (1560 stomachs were examined, of which half were empty)

Food organisms	%	Food organisms	%
Coelenterata	2.50	Herring	4.92
Actinia	0.2	O-group herring	0.12
Ctenophora	2.3	Sandeel	0.70
Crustacea	16.2	Small *Sebastes*	0.25
Amphipoda	0.06	*Gadus poutassou*	1.40
Crill	14.7	— *esmarki*	1.08
Shrimps	1.75	O-group cod	0.25
Various crustacea	0.12	Small cod	1.28
Vermes	0.25	Young haddock	0.20
Molluscs	0.12	Haddock	0.25
Teuthoidea	0.06	O-group saithe	0.20
Octopoda	0.06	saithe 1-age group	0.06
Fishes	29.40	*Drepanopsetta*	0.20
Argentina silus	0.12	Digested fishes	6.09
Capelin	15,32	Digested food	3.00
Capellin — eggs	0.12		

As can be seen from the comparison of food of the saithe in the different regions, Euphausiacea are a constituent of food practically in all the part of the sea. On the banks near the coast of Norway the capelin is never found in saithe stomachs. It appears in the food of saithe only in the regions situated much further east, to the east of Norway trench, and is found most frequently on the Rybachii Peninsula. Herring is recorded as a constituent of saithe food in most regions. Near the coast of Norway various gadoid fishes are rather frequent in saithe stomachs, among them *Gadus poutassou* and *G. esmarki* are found more frequently. Cod and haddock are also found sometimes.

5. Ecology

A knowledge of saithe ecology is essential for the development of a fishery. The knowledge is lacking for the Barents Sea. Only some scanty and fragmentary data can be given.

Saithe occur most frequency and in greatest numbers in trawl hauls from depths between 150 and 260 to 270 m, i. e. the most usual depths of trawling by commercial trawlers. There are also records of saithe in the catches at lesser (30—150 m) and greater (270—400 m) depths. According to the evidence supplied by fishermen, shoaling is often associated with the shallow parts of the sea. The association of the saithe with the coastal regions, as shown above, is much more conspicuous.

The available data suggest that the saithe is more thermophil than the cod. In the Barents Sea it is found along the streams of warm current. In winter-time shoals accumulate near the Norwegian and western Murman coasts. The saithe reaches the extreme northern and eastern limits of its distribution in August—September. Among the scanty records of the water temperature in the saithe fishing areas, the most frequent are the records of relatively high temperatures (+2—+6 °C).

In conclusion, saithe may be expected to accumulate in areas richest in food — capelin, herring, Euphausiids. Therefore shoals should be sought near the coasts, in winter in the western part of the sea only, and in summer, as the temperature of water rises, all along the Murman coast, up to the entrance to the White Sea.

6. References

Баранєнкова, А, С., 1957: Распределение и рост личинок и мальков сайды, (Pollachius virens L.), Турды Полярного н,-и, ин-та морского рыбного хозяйства и океанографии **X**. Москва.

(Baranenkova, A. S., 1957: Distribution and growth of larvae and O-group saithe Pollachius virens L. Tr. polarnogo nauchno-issled. inst. morsk. rybn. khozyaistva i okeanogr. **10**, Moskva.)

Bertelsen, E., 1942: Contribution of the Biology of the coalfish (*Gadus virens* L.) in the Faroe Waters. Medd. Komm. Danm. Fiskeri og Havunders. Ser. Fiskeri **11**, Copenhagen. 1—68.

Данилевский, Н, Я., 1862: Рыбные и звериные промыслы в Белом и Ледовитых морях. Исследования о состоянии рыболовства в России, т. **VI**. СПб.

(Danilevsky, N. J., 1862: Fishery and trapping industry in the White and Polar Seas. A study on the state of fishery in Russia. Vol. VI, St. Petersbg., 1—257.)

Есипов, В. К., 1937: Промысловые рыбы Баренцева моря, 1—112.

(Essipov, V. K., 1937: Food fishes of the Barents Sea. 1—112.)

Есипов, В. К., 1949: Сайда, В: Промысловые рыбы СССР, 517—518.

(Essipov, V. K., 1949: Saithe. In: Food fishes of the USSR. 517—518.)

Fridriksson, A., 1952: Remarks on the young Saithe (Gadus virens L.) of the North coast of Iceland in 1950—1951. Ann. Biol. **8**, 1951, 42—46.

— 1953: Remarks on the young Saithe (Gadus virens L.) of the North coast of Iceland. Ann. Biol. **9**, 1952, 42—43.

— 1958: Remarks on the young Saithe of the North coast of Iceland in 1956. Ann. Biol. **13**, 1956, 156—157.

Маслов, Н. А., 1952: Сайда. Сб. Промысловые рыбы Баренцева и Белого морей, Ленинград, 109—112.

(Maslov, N. A., 1952: Saithe. In: Food fishes of the Barents and White Seas. Leningrad. 109—112.)

Maslov, N. A., 1958: Saithe. Arcto-Norwegian Stock. Soviet Investigations. Ann. Biol. **13**, 1956, 160—163.

Миронова, Н. В., 1951: Веслоногие раки подотряда Harpacticoida как пища молоди тресковых рыб. Доклады АН СССР **79**, 5. 891—894.

(Mironova, N. V., 1951: Copepods of suborder Harpacticoida as a food of young Gadoid fishes. Dokl. AN SSSR **79**, 5, 891—894.)

Миронова, Н. В., 1956: Питание и рост молоди тресковых рыб в прибрежной зоне восточного Мурмана. Изд. АН СССР, 5—99.

(Mironova, N. V., 1956: The feeding and growth of young Gadoid fishes in the coastal waters of the east Murman. Moskva-Leningrad, Isd. AN SSSR, 5—99.)

Миронова, Н. В., 1957a: Биология и промысел сайды, Труды Мурманской биологической станции **III**, 114—129.

(Mironova, N. V., 1957a: Biology and fishery of the saithe. Tr. Murmansk. biol. stantsii **3**, 114—129.)

Миронова, Н, В,. 1957b: К вопросу о биологии и промысле сайды (Pollachius virens L.) в Баренцевом море. Вопросы ихтиологии. **8**, 155—159.

(Mironova, N. V., 1957b: On the biology and fishery of saithe (Pollachius virens L.) in the Barents Sea. Vopr. ikhtiol. **8**, 155—159.)

Миронова, Н. В., 1957c: Питание молоди трески, пикши и сайды, Труды Всесоюзного гидробиологического общества **8**, 359—367.

(Mironova, N. V., 1957c: The feeding of young cod, haddock, and saithe. Tr. Vsesoyusn. gidrobiol. obsh. **8**, 359—367.)

Мурманский, А., 1934: О лове сайды на Мурмане. За рыбную индустрию Севера **9**, стр, 8,

(Murmansky, A., 1934: On catching of the saithe in the Murman waters. Za rybnuyu industriyu Severa **9**, p. 8.)

Романов, Н. В., 1902: Статистическое исследование Мурмана. Тресковый промысел **1**, 1, СПб., 1—291.

(Romanov, N. V., 1902: Statistical researches of the Murman Gadoid fishery. Treskovyi promysel **1**, I, St. Petersbg., 1—291.)

Saemundsson, B., 1929: On the age and growth of the coalfish (Gadus virens L.), the Norway Pout (G. esmarki Nilsson) and Poutassou (G. poutassou Risso) in Iceland waters. Medd. Komm. Havundersøgelser. Ser. Fisk. **8**, 7, København, 1—37.

Schmidt, U., 1955: Beiträge zur Biologie des Köhlers (Gadus virens L.) in den Isländischen Gewässern. Ber. Deutschen Wiss. Komm. Meeresforschung, N. F. **14**, 1, 46—82.

— 1958: Saithe. Iceland Stock. German Commercial Landings. Ann. Biol. **13**, 1956, 157—160.

Жилинский, А., 1936: О развитии на севере промысла сайды. Хозяйство севера **8**, 48—52.

(Zhilinsky, A., 1936: On the development of the saithe fishery in the North. Khozyaistvo severa **8**, 48—52.)

Dr. N. V. Mironova
Murman Marine Biological Institute of the Academy of Sciences of the U.S.S.R., Dalnie Zelentsy, Murman Region, U.S.S.R.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	460—479

Friederike Wawrik

Stazione Zoologica di Napoli und Biologische Station Lunz
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Die horizontale Verteilung der Planktondiatomeen im Golf von Neapel[1])

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 460
2. Lageplan 460
3. Methodisches 461
4. Artbestand der pelagischen Diatomeen in den Stationen A bis F 462
5. Die monatlichen Aspekte 472
6. Besprechung der Beobachtungen über die horizontale Verteilung pelagischer Diatomeen in 6 Stationen des Golfmeeres 476
Zusammenfassung 478
Literatur 478

1. Einleitung

Im Januar 1957 begann Fischereiassistent William Hapgood im Golf von Neapel einen Jahreszyklus hydrographischer Beobachtungen. Aus sechs verschiedenen Stationen des Golfmeeres wurden allmonatlich Proben für chemische Wasseranalysen entnommen. Parallel mit diesen Untersuchungen studierte ich die horizontale Verteilung der Planktondiatomeen. Zu diesem Zweck wurden Wasserproben für quantitative und Vertikalzüge für qualitative Planktonuntersuchungen eingebracht. Für die Probenbeschaffung sage ich Herrn W. Hapgood an dieser Stelle meinen Dank. Vorliegende Untersuchungen erstrecken sich auf die Zeit vom Januar bis Juni 1957.

2. Lageplan

Abb. 1 zeigt die Verteilung der Beobachtungsstationen A, B, C, D, E, F im Golf von Neapel.

Tabelle 1. Tiefe der Stationen in Meter

A	B	C	D	E	F
40	540—590	453	100	130	75

[1]) Der Direktion der Stazione Zoologica Napoli erlaube ich mir für jegliche Unterstützung dieser Arbeit auf das herzlichste zu danken.

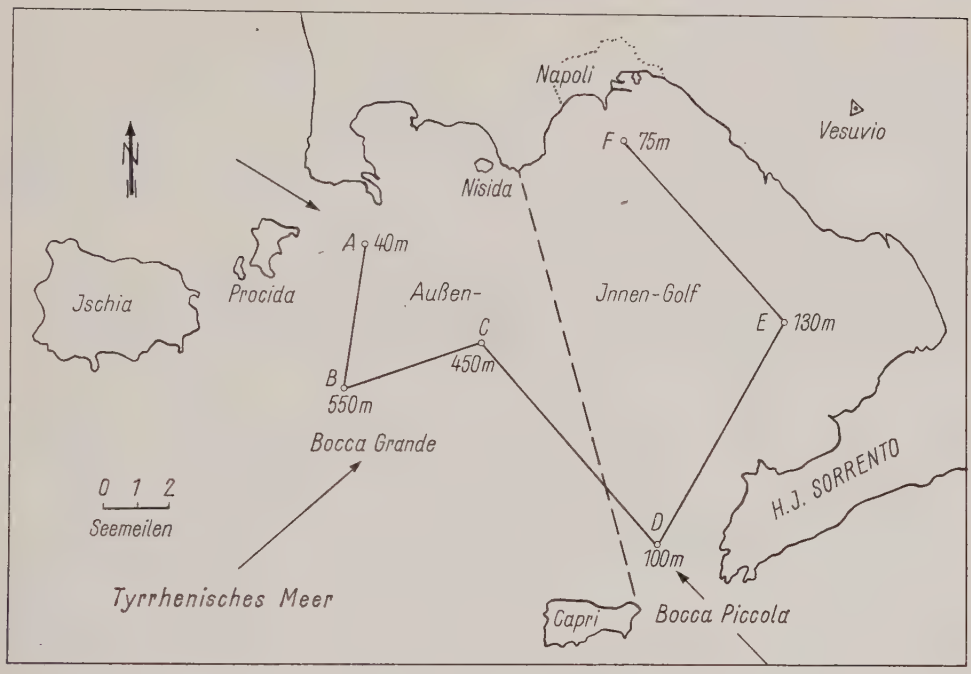


Abb. 1. Lageplan.

Die gewählten Standorte erfassen bestmöglich die verschiedenen lokalen Verhältnisse des Golfes. Die vorgesehenen Positionen wurden jedoch nicht immer erreicht. Wegen Triftwirkung muß in jeder Station mit einem Spielraum von maximal einer Seemeile gerechnet werden. Auch zwischen der Entnahme der Schöpfprobe und der Einbringung des Vertikalzuges triftete das Boot bisweilen erheblich ab. Wie im Lageplan ersichtlich, teilt eine Linie von Cap Miseno nach Capri den Golf in eine sogenannte „innere" und „äußere" Hälfte. Sie ordnet die Stationen D, E, F dem „Innengolf", die Stationen A, B, C dem „Außengolf" zu. In unserem Fall ist es jedoch aus ökologischen Gründen wünschenswert, von dieser althergebrachten Gliederung abzusehen und eine Einteilung nach küstennahen Stationen (A, E, F) und küstenfernen Stationen (B, C, D) zu treffen. Erstere sind wesentlich von der Küste her und von den Winden aus Richtung Nord beeinflußt, während letztere durch die Bocca Grande und Bocca Piccola guten Kontakt mit dem offenen Tyrrhenischen Meer haben und unter Windwirkung aus dem Süden liegen.

Zusammenfassend zeigt Abb. 2 die Stationen A bis F in eine Horizontale projiziert, die Darstellung ihrer normalen Abstände von der Küste (1:200000) und vom Meeresgrund (1:20000).

3. Methodisches

Für die quantitative Erfassung der Planktondiatomeen wurden von Bord des Motorbootes „F. Raffaele" allmonatlich in den Stationen A bis F je 1 Liter Probenwasser aus 10 m Tiefe mittels eines Nansenschöpfers (Bergen, Norge) entnommen. Das Litersediment wurde auf 10 cm³ eingeengt und nach der Methode Kolkwitz-Utermöhl in der Planktonkammer auf dem Reichert-MeF-Universalkamera-Umkehrmikroskop gezählt. Für das qualitative Material-

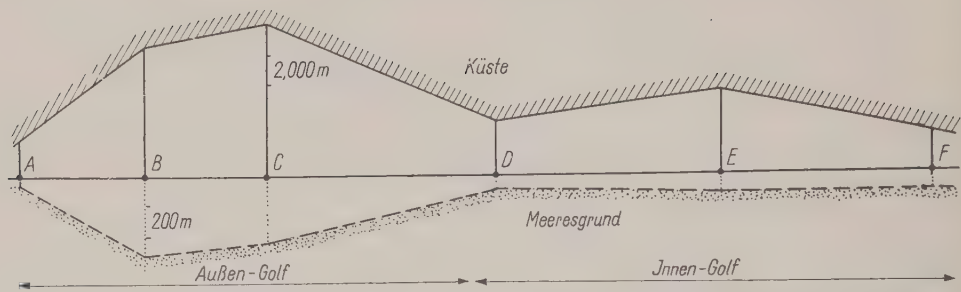


Abb. 2. Zum Lageplan: die Stationen A bis F in eine Horizontale gelegt; Darstellung ihrer normalen Abstände von der Küste (1:200000) und vom Meeresgrund (1:20000).

studium war parallel ein Vertikalzug mit dem Planktonnetz Nr. 25 von Grund, bzw. aus 200 m Tiefe, an die Oberfläche des Meeres vorgesehen. Dabei ergaben sich technische Schwierigkeiten. Die Vertikalzüge erfaßten meist nur eine Wassersäule von 30 bis 40 m. In den Wintermonaten (I. bis III.), während welcher nur die oberflächennahen Schichten des Golfmeeres wesentlich besiedelt sind, gaben diese Vertikalzüge ausreichend Einblick in die Diatomeenvegetation. Später wurde jedoch nur mehr das sogenannte „Phäoplankton" (LO BIANCO 1909) erfaßt. Jene Arten, die mit zunehmender Lichtintensität in die Tiefe verziehen — z. B. *Asterionella japonica* —, erscheinen daher in der Artenliste nicht, obschon wir wissen (WAWRIK 1960), daß sie im Golf perennieren. Einige Vertikalzüge (VI. Station A, B, C) fielen aus. Daher ist die Darstellung des Artbestandes lückenhaft, und es empfiehlt sich, in dieser Hinsicht zur Ergänzung die Beobachtungen 1956/57 (WAWRIK 1961) heranzuziehen. Die Bearbeitung des Materials erfolgte teilweise im Labor der Stazione Zoologica Napoli, teils in der Biologischen Station Lunz am See der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

4. Artbestand der pelagischen Diatomeen in den Stationen A bis F

Die Beobachtungen betreffen das Material aus den Vertikalzügen und dem Litersediment (bzw. Halblitersediment) aus 10 m Tiefe.

Nachfolgende Arten habe ich im Golf von Neapel wohl im Jahreszyklus 1956/57 beobachtet, nicht aber in den sechs Stationen. (Dazu wäre es notwendig gewesen, viel mehr Material zu studieren, als mir vorlag.):

Melosira moniliformis
Melosira dubia
Eudictia oceanica
Cyclotella Kützingiana
Cyclotella Meneghiniana
Coscinodiscus stellaris
Coscinodiscus curvatulus
Planktoniella sol
Asteromphalus flabellatus
Gossleriella tropica
Actinocyclus Ehrenbergii
Guinardia Blavyana
Rhizosolenia firma
Rhizosolenia Castracanei
Rhizosolenia styliformis v. *latissima*
Rhizosolenia hebetata semispina
Bacteriastrum mediterraneum
Chaetoceros atlanticus
Chaetoceros neapolitanus
Eucampia cornuta
Bellerochea malleus
Bellerochea v. *biangulata*
Biddulphia pulchella
Grammatophora longissima
Hemidiscus cuneiformis v. *recta*
Hemidiscus cuneiformis v. *ventricosa*
Hemidiscus cuneiformis v. *gibba*
Striatella delicatula
Climacosphaenia moniligera
Synedra undulata
Thalassiothrix mediterranea
Thalassiothrix longissima
Achnanthes longipes.

In den Tabellen wurden folgende Frequenzbezeichnungen verwendet: rr = sehr selten (im Vertikalzug, nicht aber im Sediment beobachtet); r = selten (im Vertikalzug und im Kammersediment anwesend); + = weder häufig noch selten; c = häufig; cc = sehr häufig; *cc* = aspektbeherrschend. Am Ende der Liste wurden die Literzahlen (Faktor 10^3) der Grunddiatomeen eingetragen. Es handelt sich in der Hauptsache um Arten aus den Gattungen *Navicula*, *Amphiprora*, *Nitzschia*, *Cocconeis*, *Gyrosigma* usw. In dieser und in den nachfolgenden Eintragungen bedeutet u untergeordnet. Auch die Coccolithineen wurden, weil sie in der Sukzession der Planktongesellschaft eine wichtige Rolle spielen, ebenso quantitativ erfaßt wie ein *Pseudokephyrion* sp., das im Frühling beachtliche Volksdichten erreichte. Schließlich wurden schätzungsweise die Detritusmengen des Kammersediments vermerkt: — = wenig, + = viel, ++ = sehr viel Detritus-Sediment. Ein merkwürdiges allochthones (?) Element stellen die zahllosen Schmetterlingsschuppen dar, die im Juni besonders in Station B beobachtet wurden.

Nun zur Besprechung des Artbestandes; es kommen nur häufige oder besonders interessante Arten zur Behandlung.

Stephanopyxis costata perenniert im Golf. Einer langen Anstiegsperiode im Januar bis März folgte im April 1957 eine explosive Massenentfaltung in den küstennahen Stationen A, E, F, während die Alge in den küstenfernen Stationen von untergeordneter Bedeutung blieb. Wurde sie bislang vorwiegend mit *Chaetoceros affinis* assoziiert beobachtet, so trat sie diesmal in Gesellschaft von *Chaetoceros radians*, *Leptocylindrus danicus* und *Nitzschia* n. sp. auf. Ihre Schichtung ist epipelagisch. Im Mai wird sie im Vertikalzug aus Station A nur rr beobachtet, während sie im Kammersediment aus 10 m Tiefe massenhaft anwesend ist. Diese Beobachtungen stimmen gut mit jenen von 1956/57 überein. Das Volksdichtemaximum verzeichnet *Stephanopyxis costata* mit $2080 \cdot 10^3$ Z/l im April in Station F. Frühlingsmaxima mit ähnlich hohen Volksdichten gab auch Cupp (1943) bekannt. Es werden jedoch auch Herbstmaxima in der Literatur erwähnt.

Stephanopyxis costata (= *Sceletonema costatum* Grev., Cleve 1878) ist eine der häufigsten marinen Diatomeen: euryhalin, neritisch, kosmopolitisch verbreitet. Cupp (1943) fand bis zu 2000 Z/l an der kalifornischen Küste; Välikangas verzeichnete sie massenhaft im Hafen von Helsinki; im Golf von Neapel perenniert sie und wird anscheinend ziemlich regelmäßig im Frühjahr aspektbeherrschend. *Stephanopyxis costata* ist von besonderem Interesse, weil Karsten (1898) in Kulturversuchen nachwies, daß diese Diatomee „das Verhältnis von Zellvermehrung und Ausrüstung nach Maßgabe der äußeren Faktoren selbstregulatorisch" abzuändern vermag. Karsten fand nämlich, daß die Zellfäden in bewegtem Wasser lange Fortsätze ausbilden, welche die Schwebefähigkeit erhöhen. In stehendem Wasser sinken sie unter und die Fortsätze werden bis auf ein Minimum verkürzt. Karsten bemerkt in seiner Arbeit, es sei ihm unbekannt, ob die Alge auch in der Natur ihre Fortsätze in demselben Maße verkürze. Von solitären Formen spricht der Autor nicht.

In einer wenige Tage abgestellten Planktonprobe, in der alle übrigen Diatomeen abgestorben waren, fand ich auf dem Boden einen leuchtend braunen Rasen von *Stephanopyxis costata*. Sie war als einzige in diesem fauligen polysaproben Substrat nicht nur am Leben geblieben, sondern hatte sich massenhaft vermehrt. Ich beobachtete neben vielen wenigzelligen Fäden ungezählte solitäre *St.-costata*-Zellen, denen Fortsätze völlig fehlten. Wenig später beobachtete ich in einer frischgeschöpften Planktonprobe aus Küstennähe in der Koloniengallerte und zwischen den Chaeten

von *Chaetoceros radians* zahlreiche solitäre Zellen von *St. costata* (Abb. 3). Ihre abgerundeten Schalen unterschieden sich scharf von den kantigen *Chaetoceros*-Zellen. Mit dieser Beobachtung war der Nachweis erbracht, daß *St. costata* nicht nur in der Kultur ihre koloniale Lebensweise aufgeben und zur solitären übergehen kann, sondern auch in der freien Natur einzellig vorkommt. Es drängte sich die Frage auf, ob die solitäre Lebensweise im natürlichen Substrat nur deshalb möglich war, weil die Zellen innerhalb der Gallerte der *Chaetoceros*-Kolonien sozusagen als Raumparasiten passiv schwebten.

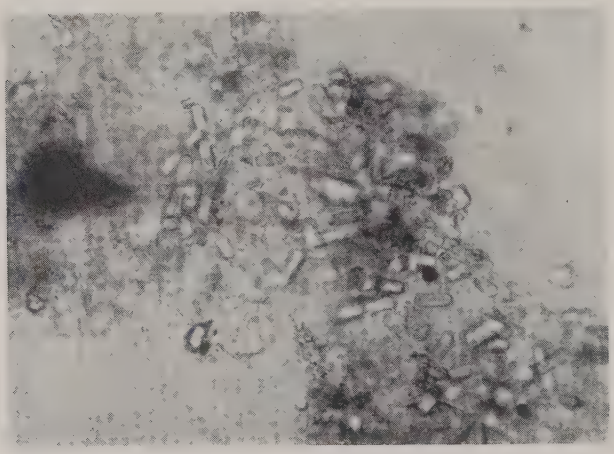


Abb. 3. *Stephanopyxis costata*, solitär, in der Koloniengallerte von *Chaetoceros radians*, etwa 500fach. Photo: A. SESSA.

Die Antwort gab die Natur nach wenigen Wochen selbst.

Ich untersuchte quantitativ Planktonproben aus 10 m Tiefe der Station F: Position: 40°48'10" n. Br., 14°14'50" ö. L., 65 m über Grund, 2 Seemeilen Küstenferne (3,6 km) in südlicher Richtung der Rotonda vorgelagert. Das Sediment der Planktonkammer zeigte einen Maiaspekt, den *Stephanopyxis costata* mit 1300000 Zellen/l beherrschte. Es handelte sich in der Hauptsache um Einzelzellen, zwischen denen nur sporadisch kürzere oder längere Fäden, also koloniale Verbände, lebten. Herr Dr. HUSTEDT hatte die Güte, den Befund zu verifizieren. Die solitäre *Stephanopyxis costata* ist offensichtlich das Produkt einer rasanten Vermehrung. Für rasche Teilungsfolgen zeugte die Kleinheit der Zellen, deren Maße $5 \times 10\,\mu$ betrugen. Unter solchen Verhältnissen unterblieb die Ausbildung der Fortsätze. Es fanden sich im Material nicht selten auch ± halbmondförmig gebogene Zellen, womit eine Erhöhung der Schwebefähigkeit erreicht werden kann.

Diese Beobachtungen klären das von KARSTEN aufgeworfene Problem; die Fortsätze werden in der Natur nicht nur minutiös verkürzt, sondern ihre Ausbildung kann vollständig unterbleiben, womit die koloniale Lebensweise aufgegeben wird. Dadurch erhöht sich der Vernichtungsfaktor durch Fraß wesentlich. Die kleinzellige solitäre *Stephanopyxis costata* wird allen Filtrierern eine willkommene Beute sein.

Sceletonema mediterraneum (GRUN.) BRUN. 1891 fand sich im Januar im Kammersediment der Station C. Sie wird bei HUSTEDT (1930) als „Form von zweifelhafter Zugehörigkeit" behandelt. Mir fielen an der Alge die alternierenden Fortsätze auf.

Diese Anordnung entspricht nicht den Verhältnissen bei *Sceletonema*, sondern dem Bauplan der Melosiren. Eine Rücksprache mit Herrn Dr. HUSTEDT klärte die Sachlage auf: es handelt sich bei dem Fund tatsächlich um eine *Melosira*, und zwar besteht die Beschreibung der Alge von GRUNOW, V. H., Syn., Tafel 91, Fig. 3, 5 (1881) als *Melosira mediterranea* zu Recht. Die Art ist von GRUNOW und PERAGALLO für die Adria und das Mittelmeer nachgewiesen worden. Herr Dr. F. HUSTEDT hatte die Freundlichkeit, mir die Originalaufnahmen (Abb. 4A, B) zur Verfügung zu stellen, wofür ich herzlich danke.

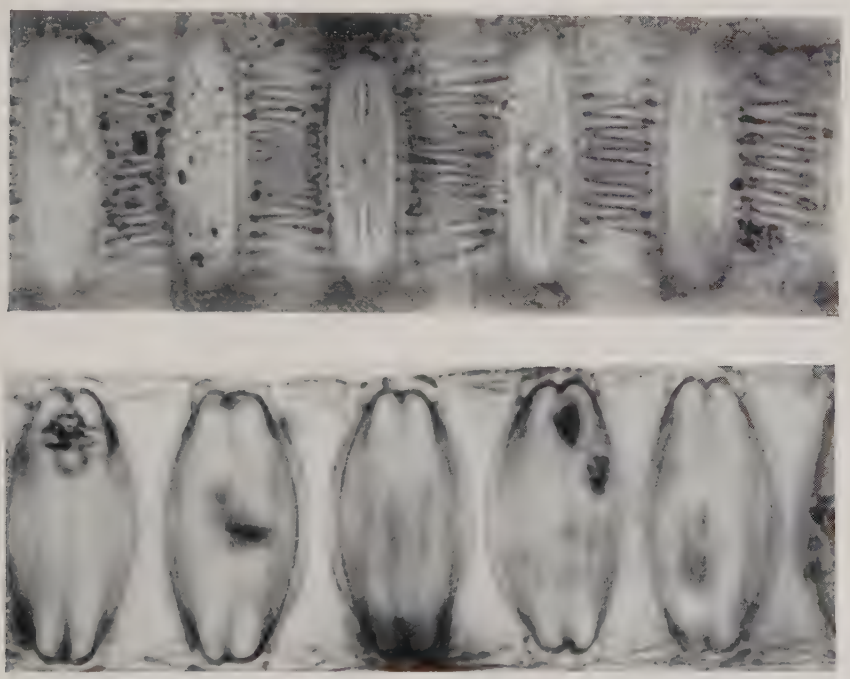


Abb. 4. *Melosira mediterranea*; A Oberflächenansicht eines Teiles der Kette; B Medianschnitt; etwa 1000fach. Photo F. HUSTEDT.

Das Vorkommen von *Thalassiosira decipiens* beschränkte sich auf den Monat Februar; die Frequenz war r bis rr, ohne horizontale Schichtung.

Cyclotella caspia wurde von GRUNOW als Brackwasserform aus dem Kaspisee beschrieben. Im Golf sagen ihr hohe Salzkonzentrationen um 37 bis 38‰ gut zu. Die Art fand sich 1956/57 zerstreut zu allen Jahreszeiten und in allen Teilen des Golfmeeres. Wegen der Kleinheit der Zellen — sie erreichen einen Durchmesser von 6 bis 10 μ — kann man ihre Anwesenheit nur im Zentrifugenmaterial oder im Sediment erwarten. Die Beobachtungen in den sechs Stationen bestärken die Vermutung, daß die Art im Golf perenniert. Im März erreichte sie bei großer Planktondichte in A $80 \cdot 10^3$ Z/l. Im April 1957 war die Alge in Station D bei allgemein geringer Planktondichte mit $5{,}4 \cdot 10^3$ Z/l dominant! Im Mai erreichte sie in derselben Station bei guten Wasseraustauschverhältnissen in der Bocca Piccola $8{,}4 \cdot 10^3$ Z/l und stand in

stürmischer Teilung. Es wurden mehrfach Ketten von 4 bis 8 Zellen beobachtet. Es handelt sich dabei nicht um Kolonienbildung; die Zellteilung erfolgte rascher als die Trennung der Mutter- und Tochterzellen. Auf diese Tatsache verweist Hustedt (1957, p. 211). Demnach ist Kettenbildung kein entscheidendes spezifisches Merkmal, weil es sich dabei „vielfach um einen Wachstumszustand während der Hochproduktion handelt". Andererseits beobachtet man, daß bei *Stephanopyxis costata* zur Zeit der Massenentfaltung Kettenbildung unterbleiben kann. Allerdings sind bei dieser Diatomee die Berührungsflächen der Zellen weitaus kleiner als bei *Cyclotella*.

Lauderia borealis, *Schröderella delicatula* und *Dactyliosolen mediterraneus* blieben vergleichsweise bezüglich ihrer Vegetationsdauer und Frequenz hinter den Beobachtungsergebnissen des Vorjahres auffallend zurück. *Lauderia borealis* erreichte im April 1956 cc Frequenz, während sie sich 1957 ohne besondere horizontale Schichtung in II/C und V/F mit einer mittleren Häufigkeit begnügte. *Schröderella* war 1956 während III bis V in allen Teilen des Golfes sehr selten bis häufig. 1957 wurde sie nur küstennahe im Vertikalzug II/E, F beobachtet. *Dactyliosolen*, 1956 perenn und häufig in II, IV, V, ist 1957 nur mit rr bis r Frequenz ohne horizontale Schichtung angetroffen worden. In den Monatsfängen IV, VI fehlte die Alge in allen Stationen. Vielleicht hätte man sie bei umfangreicherem Materialstudium dennoch finden können.

Leptocylindrus danicus wahrte seine Tradition. 1956 perenn, mit Kulminationspunkten in V und VI, erreichte die Art 1957 bei geringer Gesamtdichte des Planktons schon in I/A mit $3{,}4 \cdot 10^3$ Z/l Dominanz. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode blieb sie mit *Stephanopyxis costata* in den küstennahen Stationen aspektbeherrschend und erreichte in V/A mit $58 \cdot 10^3$ Z/l ihre größte Volksdichte. Daß sie epipelagische Maxima ausbildet, bestätigte sich neuerdings: sie war nämlich im Vertikalzug verhältnismäßig selten, während sie im Sediment aus 10 m Tiefe dominierte. Ich möchte vorliegende Beobachtungen nicht mit der Abtrift des Bootes in dünner besiedelte Wasserräume, in der Zeit zwischen der Entnahme der Schöpfprobe und der Einbringung des Vertikalzuges, in Zusammenhang bringen, weil im Mai *Leptocylindrus* längs der gesamten Golfküste florierte. Die Alge wies auch in Station F trotz einer enormen *Stephanopyxis*-Blüte (1,3 Mill. Z/l) eine Volksdichte von $26 \cdot 10^3$ Z/l auf.

Die beiden Arten der Gattung *Guinardia*, nämlich *G. flaccida* und *G. Blavyana*, bevorzugen Küstennähe. Erstere wurde im Beobachtungszeitraum mit rr bis + (IV, V) Frequenz angetroffen, letztere fand sich 1956 sehr selten, 1957 überhaupt nicht. *Guinardia flaccida* war im Vertikalzug A/V häufig, während sie im Sediment aus 10 m Tiefe fehlte. Es läßt sich kaum feststellen, ob diese Beobachtung auf vertikaler Schichtung oder Abtrift des Bootes beruht.

Rhizosolenien sind im Golf mit 14 Arten und 3 Varietäten vertreten. Die Vegetationsperiode der Rhizosolenien hat eine gewisse Übereinstimmung mit jener der Bacteriastren: sie florieren I. bis V., werden im Juni ± selten und bleiben es durch die zweite Jahreshälfte mit Ausnahme der im Golf perennierenden *Rhizosolenia Stolterfothii* und den nahezu perennen *R. calcar avis* und *R. alata*. Letztere fand sich im Material nicht nur solitär, sondern auch zu 2 bis 4, selten zu 6 Exemplaren gebündelt.

Aus der Gattung *Bacteriastrum* wurden bisher im Golf 6 Arten und 1 Varietät nachgewiesen. Unter ihnen sind *Bacteriastrum mediterraneum* und *B. varians* so selten, daß sie im Material der sechs Stationen fehlten. Auch andere Autoren verzeichnen sie kaum. Frequenz c erreichte lediglich *Bacteriastrum hyalinum* v. *princeps*; *B. biconicum* bevorzugte Küstennähe.

Die Gattung *Chaetoceros* ist im Golf mit 29 Arten und 3 Varietäten beherrschend. Kulminationspunkte in der Vegetationsperiode liegen zwischen den Monaten I bis V und X bis XII. Während VI bis X fehlen viele Arten vollkommen (s. Indelli, Wawrik). Vorwiegend küstennahe leben *Chaetoceros tetrastichon*, *Ch. peruvianus* var. *gracilis*, *Ch. socialis* und *Ch. radians*. Bei einigen Arten (*Ch. Lauderi*, *Ch. didymus*, *Ch. affinis* und *Ch. radians*) gewinnt man den Eindruck, daß sie küstennahe aufkommen und später gegen Golfmitte vordringen. Vielleicht kann man diese Beobachtung folgendermaßen deuten: Nach der Vegetationsperiode sinken die Cysten auf den Grund des Schelfmeeres. Dieser liegt in den küstennahen Stationen A und F zwischen 40 und 75 m tief. Nach Beendigung des Ruhestadiums keimen die Cysten und rasche Zellteilungen folgen. Die Ketten steigen in oberflächennahen Schichten auf. Strömungseinflüsse, Flut- und Windwirkung tragen sie in den Golf hinaus, wo sie dann erst wesentlich später in Erscheinung treten als in Küstennähe. Es wäre aber auch folgendes vorstellbar: Viele Cysten sinken in größere Tiefen ab. In der Mudlinie, die nach Hentschel (1929) in etwa 200 m Tiefe zwischen der Grenze des Schelfgebietes und dem steileren Abfall zum Tiefseeboden liegt, herrscht immerhin noch Dämmerlicht. Auch hier kommen Cysten zur Keimung. In diesem Lebensraum sind Gezeiten und aufwühlende Stürme nicht mehr wirksam. Wenn man annehmen will, daß Cysten derselben Art zu verhältnismäßig gleicher Zeit auskeimen, dann ist klar, daß jene Individuen, die aus größeren Tiefen kommen, viel länger brauchen, um in epipelagische Schichten aufzusteigen. Es kann daher eine Art in Küstennähe sehr wohl eher in Erscheinung treten als in Küstenferne. Vielleicht aber resultiert die Beobachtung aus dem Zusammenwirken beider Komponenten.

Eucampia cornuta, mutmaßlich eine Erstbeobachtung für den Golf, konnte 1956/57 mit einer langen Anstiegsperiode vom Juni 1956 (rr) bis zur + Frequenz im Dezember und einem kurzen Abstieg, der im Februar 1957 endete, insgesamt durch 8 Monate verfolgt werden. Im Material der sechs Stationen fand sich dieses schöne subtropische Florenelement kein einziges Mal.

Lithodesmium undulatum und *Triceratium alternans* kamen selten und nur in den küstennahen Stationen A und F zur Beobachtung.

Anders verhielten sich *Biddulphia mobiliensis* und *B. regia*. 1956 wurde *Biddulphia regia* nahezu perenn beobachtet, *B. mobiliensis* florierte vorzugsweise in den Wintermonaten. In den sechs Stationen beschränkte sich das Vorkommen beider Arten auf die Monate I bis III, in A/II wurde c Frequenz erreicht. Diese Standortbeobachtung deckt sich gut mit den Erfahrungen, die mit allen Planktonproben aus diesem Gebiet gemacht wurden: die Algen sind im Bereich des Canale di Procida besonders häufig. Vielleicht sagt ihnen der hier stattfindende Wasseraustausch zu oder auch der Süßwassereinfluß des Volturno, der nach anhaltenden Nordwestwinden wirksam ist.

Cerataulina Bergoni, die 1956 perenn und im März dominant war, erreichte in den sechs Stationen ohne besondere horizontale Schichtung nur + Frequenz.

Hemiaulus Hauckii und *H. sinensis* perennieren ebenfalls im Golf. Letztere, ein subtropikales Florenelement, das erst in jüngster Zeit im Golf beobachtet wird, herrschte vor und verzeichnete in den sechs Stationen neuerdings ein Wintermaximum.

Hemidiscus cuneiformis mit ihren Varietäten wurde 1956 weitaus häufiger beobachtet als im Berichtsabschnitt. Sie bevorzugt Küstennähe.

Tabelle 2

	I.						II.						III.					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
*Melosira nummuloides**	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—
Stephanopyxis costata	—	r	r	—	—	r	rr	rr	—	rr	rr	rr	r	—	—	r	r	r
Sceletonema mediterraneum	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thalassiosira decipiens	—	—	—	—	—	—	rr	rr	rr	—	r	r	—	—	—	—	—	—
*Cyclotella caspia**	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	cc	r	c	c	cc	cc
Coscinodiscus excentricus	r	r	r	rr	r	r	—	rr	—	rr	r	r	—	—	—	—	—	—
Coscinodiscus lineatus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coscinodiscus nodulifer	rr	r	—	—	r	r	—	rr	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—
Coscinodiscus centralis	—	r	—	—	—	—	—	rr	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—
Asterolampra maryl.	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	r	r	rr	rr	rr	—	—	—
Asterolampra Grevillei	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—
Asterolampra v. *Heuerkii*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—
Asteromphalus robustus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—
Aulacodiscus Petersi	—	—	—	—	—	—	r	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lauderia borealis	—	—	—	—	rr	—	rr	r	+	rr	rr	rr	r	r	—	rr	r	r
Schroederella delicatula	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	rr	—	—	—	—	—	—
Dactyliosolen mediterraneus	rr	rr	—	—	rr	—	rr	rr	rr	r	r	r	rr	rr	rr	rr	rr	rr
Leptocylindrus danicus	cc	c	r	—	+	+	r	r	r	r	r	r	r	—	—	r	+	rr
Guinardia flaccida	r	r	rr	—	rr	rr	r	r	r	r	r	r	r	—	—	r	rr	rr
Rhizosolenia Bergoni	—	rr	—	—	—	—	—	—	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia fragilissima	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia Stolterfothii	r	+	r	—	+	r	r	+	+	+	—	+	r	—	—	rr	rr	rr
Rhizosolenia imbricata	—	—	rr	—	—	—	+	+	r	r	r	r	+	—	—	—	—	—
Rhizosolenia v. *Shrubsolei*	+	+	rr	rr	rr	r	+	+	+	+	+	+	r	—	—	rr	rr	r
Rhizosolenia robusta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia alata	r	r	—	—	—	—	r	r	r	r	r	r	rr	—	—	rr	rr	rr
Rhizosolenia v. *gracillima*	r	—	—	—	—	—	r	r	r	+	+	+	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia calcar avis	r	r	—	—	—	—	r	—	r	r	r	r	r	—	—	rr	rr	rr
Rhizosolenia styliformis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia Temperei	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—
Rhizosolenia acuminata	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bacteriastrum delicatulum	r	rr	—	—	rr	rr	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	rr	rr
Bacteriastrum hyglinum	r	rr	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	rr	rr
Bacteriastrum v. *princeps*	—	—	—	—	—	—	c	c	c	c	c	c	—	—	—	—	—	—
Bacteriastrum elongatum	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bacteriastrum biconicum	r	—	—	—	—	rr	—	—	r	—	rr	—	—	—	—	—	rr	—
Chaetoceros tetrastichon	r	r	—	—	—	—	rr	rr	—	rr	rr	rr	rr	rr	—	—	—	rr
Chaetoceros Dadayi	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros rostratus	r	rr	—	rr	rr	—	+	+	+	r	rr	rr	rr	rr	—	rr	rr	rr
Chaetoceros borealis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros danicus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros convolutus	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros peruvianus	r	+	r	rr	+	r	+	+	+	+	+	+	rr	rr	—	r	rr	rr
Chaetoceros v. *gracilis*	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	rr	rr	—	rr	rr	rr
Chaetoceros decipiens	r	r	rr	—	+	r	+	+	+	+	+	+	rr	—	—	r	rr	rr
Chaetoceros Lorenzianus	r	rr	rr	—	—	r	+	+	+	+	+	+	r	—	—	r	rr	r
Chaetoceros Lauderi	—	rr	—	—	—	—	r	r	r	r	r	r	r	—	—	rr	rr	rr
Chaetoceros compressus	—	—	—	—	—	—	r	r	r	+	+	+	+	rr	—	r	+	rr

Tabelle 2 (Fortsetzung)

IV.						V.						VI.						Anmerkung
A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	* Litoralelement
rr	—	—	—	cc	cc	cc	rr	rr	—	rr	cc	rr	—	—	—	—	—	V. A: vertikal rr
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	r	r	cc	+	r	c	r	c	cc	cc	+	—	—	r	—	—	—	V. D, E: vertikal rr
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	r	r	r	—	r	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
rr	—	r	—	r	r	r	rr	rr	rr	r	+	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	r	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—	
c	—	+	r	cc	cc	cc	+	+	+	r	cc	r	r	—	—	r	r	V. A: vertikal r
r	r	r	+	r	+	—	+	+	r	r	r	r	—	—	—	—	r	V. A: vertikal +
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	rr	—	r	r	r	—	—	rr	r	r	—	—	—	—	—	—	
r	rr	—	r	r	r	r	r	r	r	r	r	—	rr	—	rr	rr	rr	
r	—	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	
—	—	—	—	—	rr	rr	r	r	r	r	r	—	—	—	r	c	—	
—	—	—	r	r	r	rr	—	—	—	r	r	—	—	—	r	r	r	
—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	r	r	r	r	r	rr	rr	r	rr	—	—	?	—		—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—			—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
rr	rr	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	rr	rr	—	—	—	—	—	—	
—	rr	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	rr	rr	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	rr	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	
rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
rr	rr	—	rr	rr	rr	r	r	r	r	rr	r	—	—	—	—	—		
—	rr	—	—	rr	rr	—	rr	rr	rr	rr	r	—	—	—	—	—	—	
rr	rr	—	r	r	r	+	r	r	r	r	r	—	—	—	rr			
rr	rr	—	r	—	r	r	r	r	rr	r	r	—	—	—	—	—	rr	
—	—	—	—	—	—	—	rr	rr	rr	+	+	—	—					
—	rr	r	r	r	r	+	c	c	+	+	c	—	—	—	—	—	r	

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	I.						I.						III.					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Chaetoceros didymus	+	+	—	—	—	rr	c	c	c	c	c	c	+	+	+	r	+	rr
Chaetoceros v. *anglica*	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	r	r	r	—	—	—	rr	rr	rr
Chaetoceros constrictus	—	—	—	—	—	—	rr	+	—	rr	rr	rr	—	—	rr	rr	rr	rr
Chaetoceros affinis	r	c	—	rr	—	r	c	c	c	c	c	c	r	+	—	+	+	rr
Chatoceros Willei	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros costatus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros laciniosus	—	rr	—	—	—	—	rr	rr	—	r	r	r	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros subsecundus	—	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros brevis	r	r	—	—	—	—	r	—	r	r	r	r	—	—	—	rr	rr	rr
Chaetoceros diversus	r	rr	rr	rr	+	—	+	+	+	r	r	r	rr	rr	—	r	—	rr
Chaetoceros messanensis	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros vixvisibilis	rr	rr	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetoceros curvisetus	c	cc	cc	—	c	r	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	r	r	r	+	+
Chaetoceros pseudocurvisetus	cc	cc	cc	—	c	+	cc	cc	cc	cc	cc	cc	r	r	—	r	r	rr
Chaetoceros anastomosans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	rr	—	—
Chaetoceros tortissimus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	rr
Chaetoceros socialis	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr
Chaetoceros radians	r	—	—	—	—	—	r	rr	rr	r	r	cc	cc	c	rr	cc	cc	cc
Lithodesmium biangulatum	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Triceratium alternans**	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—
Biddulphia regia	r	r	—	—	—	—	c	r	r	rr	r	r	—	—	—	—	—	—
Biddulphia mobiliensis	r	—	—	—	—	—	c	r	r	rr	r	r	—	—	—	—	—	rr
*Biddulphia Titiana**	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Biddulphia rhombus**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—
Cerataulina Bergoni	r	+	r	—	+	r	—	—	r	—	+	+	r	—	—	r	r	r
Hemiaulus Hauckii	r	—	—	rr	—	rr	r	r	r	—	r	+	r	rr	—	r	rr	r
Hemiaulus sinensis	c	c	r	rr	rr	+	c	c	cc	c	c	c	r	—	—	r	rr	r
Hemidiscus cuneiformis	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Rhabdonema adriaticum**	—	—	—	—	rr	-	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	rr	—	—
*Striatella unipunctata**	—	—	-	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	rr	—	—	—	—	—
*Grammatophora marina**	—	—	—	-	—	rr	—	—	—	·	-	—	—	—	—	—	—	—
*Licmophora Ehrenbergi**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Synedra Hennedyana**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—
Thalassionema nitzschioides	+	c	+	r	+	+	+	+	+	+	+	+	r	rr	—	r	r	r
Thalassiothrix Frauenfeldii	+	c	c	+	+	cc	+	+	+	+	c	+	r	rr	rr	r	rr	r
Asterionella japonica	r	+	r	—	r	rr	+	+	+	+	+	+	r	—	—	r	rr	r
Nacivula nova spec.[1])	rr	rr	—	-	—	rr	rr	rr	rr	—	—	r	r	—	—	—	—	rr
Nitzschia n. sp.	rr	-	rr	—	rr	rr	r	r	r	r	r	r	r	r	—	r	r	r
Nitzschia longissima	+	cc	cc	cc	cc	cc	+	rr	rr	—	r	—	—	—	—	r	—	—
Nitzschia closterium	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Nitzschia paradoxa**	—	rr	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—
Grunddiatomen (10 m)	1,5	1,3	0,8	2,8	2,8	1,5	1,5	0,8	2,7	2,0	1,2	1,1	1,2	u	u	1,2	u	u
Halosphaera viridis (10 m)	-	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coccolithineen (10 m)	u	u	34,6	20	22	23	u	17,6	u	u	u	u	—	—	—	—	—	—
Pseudokephyrion sp. (10 m	—	-	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	7,6	2,4	—
Detritus (10 m)	+	+	—	—	+	+	++	—	++	—	—	—	++	—	—	+	+	+
Schmetterlingsschuppen (10 m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 2 (Fortsetzung)

IV.						V.						VI.						Anmerkung
A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
+	r	+	+	+	+	+	+	+	r	+	+	—	—	—	—	—	—	
r	—	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	—	—	—	—	—	—	
r	rr	r	r	r	rr	—	—	—	r	+	+	—	—	—	—	—	—	
r	rr	+	r	r	rr	r	r	r	r	r	+	+	—	—	—	—	+	
—	—	—	—	—	—	rr	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
r	—	—	—	r	r	*cc*	c	c	+	+	*cc*	—	—	—	—	r	—	V. B: viele Cysten
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
rr	rr	rr	rr	rr	rr	—	—	rr	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	rr	+	+	+	+	+	r	r	rr	r	r	—	—	—	—	—	r	
+	+	+	+	+	+	+	r	r	rr	r	r	—	—	—	—	—	—	
r	rr	c	c	c	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	rr	+	rr	+	*cc*	*cc*	c	+	rr	rr	*cc*	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
r	r	r	—	+	r	r	r	—	—	r	r	—	—	—	—	—	—	
r	rr	—	r	r	r	r	r	r	r	+	+	—	—	—	—	rr	r	
r	—	—	—	rr	—	rr	—	r	r	rr	—	—	—	—	—	rr	r	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	r	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	r	—	—	—	—	r	rr	
rr	—	—	—	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	rr	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	rr	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
r	rr	rr	r	r	rr	rr	r	r	r	rr	r	+	+	+	+	+	r	
rr	rr	rr	r	r	rr	rr	r	r	rr	r	r	r	r	r	+	r	r	
r	+	rr	rr	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	rr	—	rr	—	—	r	rr	—	rr	—	—	—	—	—	—	VI. A, B, C: vertikal fehlt.
r	*cc*	*cc*	+	+	+	*cc*	*cc*	*cc*	*cc*	c	*cc*	*cc*	*cc*	*cc*	*cc*	*cc*	c	V. A, B, C, D: vertikal r
—	r	rr	—	+	—	—	r	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	rr	—	—	—	—	r	c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	V. B: in Nestern
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
u	u	u	u	u	3,3	u	u	u	0,9	u	4,2	1,4	u	u	1,7	u	u	
—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
u	u	u	u	u	u	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[1]) Anm. zu *Nav. n. sp.: N. Wawrikae* Hust. 1961:
—	u	—	u	u	u	150	14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Kieselalgen in Rabenshorst's Kryptogamenflora **3**, (1).
+	+	+	++	+	+	—	—	+	—	—	+	++	+	+	+	+	+	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,4	—	u	—	u	

Dieselbe Verteilung gilt — ihrem Litoralcharakter entsprechend — von den Arten aus den Gattungen *Rhabdonema*, *Striatella*, *Grammatophora*, *Licmophora*, *Climacosphaenia* und *Synedra*.

Thalassionema nitzschiodes und *Thalassiothrix Frauenfeldii* sind im gesamten Golfgebiet perenn und kommen im Winter zur Dominanz. *Thalassionema mediterranea* wurde während des Winterhalbjahres 1956/57 fortlaufend beobachtet, fehlte jedoch in sämtlichen Proben der sechs Stationen.

Asterionella japonica perennierte im Beobachtungsjahr 1956. In den sechs Stationen wurde sie ab Mai nicht mehr beobachtet, weil sie zur Zeit der rasch zunehmenden Insolation in die Tiefe verzieht.

Navicula nova spec. wurde mit rr bis r Frequenz von XI/56 bis V/57 ununterbrochen im Material festgestellt. Sie ist vom Litoral in das Plankton gesiedelt (auffallende Raphenreduktion), und scheint Küstenferne zu bevorzugen (= *Nav. Wawrikae* HUST.).

Nitzschia nova spec. — von den Autoren irrtümlich als *N. seriata* geführt — ist im Golf perenn. Sie war in den Wintermonaten selten, erreichte aber 1957 bereits im April in den Stationen B und C mit $12{,}7 \cdot 10^3$ Z/l bzw. $16 \cdot 19^3$ Z/l Dominanz. Für ihre ausgesprochen epipelagische Schichtung im Mai spricht folgende Beobachtung: Die Alge war in allen Stationen, maximal in den Stationen A und F (küstennahe!), mit $29{,}6 \cdot 10^3$ Z/l bzw. $26{,}0 \cdot 10^3$ Z/l beherrschend oder mitbeherrschend, während sie im Vertikalzug nur r Frequenz erreichte. Im Juni sanken in der 10-m-Schicht die Literzahlen rapid ab.

Dies entspricht den im Vorjahr beobachteten Verhältnissen, konnte aber nicht weiter verfolgt werden. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung auf Windwirkung zurückzuführen (Maestral aus Nordwest).

Nitzschia longissima, im Golf perenn, war im Januar 1957 bei allgemein geringerer Volksdichte der Planktondiatomeen mit Literzahlen um $2 \cdot 10^3$ mitbeherrschend.

Nitzschia closterium wurde 1956 ebenfalls perennierend beobachtet. In den sechs Stationen trat sie vorwiegend zerstreut auf. Lediglich in B/V erreichte sie c Frequenz; es wurden truppweise Anhäufungen der Zellen festgestellt.

Nitzschia paradoxa war während der Wintermonate in Küstennähe vereinzelt anzutreffen.

5. Die monatlichen Aspekte

Methodisches: Am Ende dieses Abschnittes bringt eine Tabelle die in den sechs Stationen gewonnenen Beobachtungsergebnisse in zusammenfassender Anordnung: Neben dem Datum der Probenentnahme die im Vertikalzug und Kammersediment insgesamt festgestellte Artenzahl der Diatomeen; rechts davon die Zellen/Literzahlen, die mit dem Faktor 10^3 zu multiplizieren sind; daneben die Volumszahl der Biomasse der Diatomeen in 10^6 μ^3/Literwerten (sie wurden gefunden, indem die jeweiligen Summen der im Litersediment beobachteten Arten mit einem entsprechenden Volumsfaktor vervielfacht wurden); daneben die Summe der im Liter anwesenden Kruster (Nauplien + Copepodite und geschlechtsreife Tiere).

24./25. Januar 1947: Die Wassertemperaturen in 10 m Tiefe lagen bei 14° bis 15 °C, die Salinität betrug 37,84 ‰. Die Volksdichte der Diatomeen ist ebenso wie ihre Artenvielfalt gering. Man beobachtet eine klare Abnahme von den küstennahen zu den küstenfernen Stationen. Auf die Diatomeenentwicklung dürften die zur Zeit

das Plankton beherrschenden Coccolithinen einen unterdrückenden Einfluß genommen haben. Die Kalkgeißler besiedeln vorzüglich den östlichen Teil des Golfes und erreichen in C 34,6 Z/l. Wahrscheinlich hat ihre Entwicklung von der Sorrentiner Kreidekalkküste den Ausgang genommen. Hier mündet der Sarno, ein Gewässer mit 26° D. H. (Deutsche Härte). Im westlichen Teil des Golfes sind die Kalkgeißler untergeordnet. Es wurden folgende Volksdichten beobachtet (Faktor 10^3):

Station A: untergeordnet	Station D: 20 Z/l
Station B: untergeordnet	Station E: 22 Z/l
Station B: 34,6 Z/l	Station F: 23 Z/l.

In allen Fängen herrschte *Coccolithus Huxleyi* vor. Wegen ihrer Kleinheit ist diese Alge nicht nur wertvolle Urnahrung, sondern auch ein wichtiger Sauerstofflieferant.

22.—24. Februar 1957: Wassertemperaturen in 10 m 14 °C.

Die Dichte der Diatomeen hat in den Stationen A, C, D, E, F zugenommen. In den Stationen B und C bestand eine auffallende Wechselbeziehung:

In B Abnahme der Diatomeen von 18,9 Z/l auf 8,8 Z/l
Zunahme der Coccolithinen von u auf 17,6 Z/l.

In C Zunahme der Diatomeen von 6,5 Z/l auf 40,5 Z/l
Abnahme der Coccolithinen von 34,6 Z/l auf u.

Ohne Kenntnis der Volksdichte der Kalkgeißler wäre es unverständlich geblieben, warum im Januar die küstennahen Stationen des westlichen Golfes so dünn von Diatomeen besiedelt waren.

28./29. März 1959: Wassertemperaturen in 10 m um 13 °C.

Dem Dichteschwerpunkt von *Chaetoceros radians* in der Straße di Procida steht ein auffallendes Minimum der Besiedlung in den Stationen B und C gegenüber. Fast möchte man fragen: Was ist geschehen? Verarmung an Nährelementen? Fraß, Wind- oder Strömungswirkung? Die Frage bleibt offen.

24.—26. April 1957: Wassertemperaturen in 10 m um 15 °C.

Die Aspektkarte Abb. 5 zeigt ein enormes Dichtemaximum von *Stephanopyxis costata* in der Bucht von Neapel. Die Alge lebt vorwiegend solitär, nur vereinzelte wenigzellige Ketten werden beobachtet. Die Zellen sind äußerst schwach verkieselt; in einer Mikroaufnahme sieht man nur den winzigen Protoplast. In der Literatur ist bislang nichts von einer solitären *Stephanopyxis*-Form zu finden. Es dürfte sich um eine Erstbeobachtung handeln.

Das massenhafte Auftreten der Alge in Station F dürfte chemisch bedingt sein. Obschon die Abwässer der Stadt zum größten Teil an die Cumaküste geleitet werden, bedingt die Hafennähe eine entsprechende Eutrophierung. Korringa & Postma (1957) führten im Golfmeer Phosphatmessungen durch und stellten von der Küste zur Bocca ein Gefälle von 0,008 nach 0,005 mg/l PO_4-P fest.

21./22. Mai 1957: Wassertemperaturen in 10 m um 17 °C.

Neben *Stephanopyxis costata* beherrscht *Chaetoceros subsecundus* in mehreren Stationen auch mit einer Fülle von Cysten, in Klumpen und Ballen, den Aspekt. Ein nackter farbloser Flagellat fiel besonders in den Stationen C und A auf. Ein *Pseudo-*

kephyrion sp., das schon im März beobachtet wurde, hat sich über alle Stationen verbreitet und gewinnt mit maximal $150 \cdot 10^3$ Z l in der Station A das Maximum des Beobachtungszeitraumes.

Abb. 5. Verteilung der Planktondiatomeen in 10 m Tiefe des Golfmeeres vom 24. bis 26. April 1956. Die Radien der Kreise entsprechen den dritten Wurzeln aus den Volumzahlen (10^6 μ^3).

21./22. Juni 1957: Wassertemperaturen in 10 m um 22 °C.

Die Diatomeenvegetation in 10 m Tiefe verzeichnet einen enormen Rückgang. Im vergangenen Beobachtungsjahr war die Verarmung der 10-m-Schicht an Diatomeen noch auffallender; sie dürfte auf Windwirkung (Maestral aus Nordwest) zurückzuführen sein. Im Kammersediment der Stationen B, D, F fanden sich zahllose Schmetterlingsflügelschuppen. Ob es sich dabei um ein allochthones Element von der Küste her handelt oder ob die Schmetterlinge auf See so zahlreich umkamen, muß unbeantwortet bleiben.

Im Mai und Juni traten in der Planktongesellschaft vermehrt Radiolarien und Peridineen auf. Das Zooplankton (Copepoden) zeigte in einigen Stationen mit erhöhter Planktondichte erhöhte Literzahlen. Häufig wurde auch bei vermehrtem Detritusgehalt eine Zunahme der Kruster beobachtet.

Tabelle 3

Station	A				B				C			
1957	Arten	10^3 Z/l	10^6 μ^3/l	Kruster	Arten	10^3 Z/l	10^6 μ^3/l	Kruster	Arten	10^3 Z/l	10^6 μ^3/l	Kruster
24. 1.	42	27,4	163,5	4 + 1	38	18,9	150,5	6 + 0	21	6,5	25,9	2 + 0
22. 2.	45	26,4	128,9	12 + 12	43	8,8	37,6	10 + 1	40	40,5	175,5	15 + 12
28. 3.	39	460,3	897,1	60 + 14	20	3,1	8,1	2 + 2	8	6,8	0,7	1 + 0
24. 4.	31	—	—	—	31	16,1	8,9	2 + 0	27	24,0	35,6	2 + 2
21. 5.	39	507,8	820,7	8 + 6	36	30,7	54,6	6 + 2	33	88,9	197,8	14 + 2
21. 6.	6	64,8	60,7	4 + 0	7	12,8	23,0	10 + 0	4	24,6	21,9	2 + 0
Station	D				E				F			
25. 1.	14	4,8	10,6	2 + 1	25	8,7	57,1	0 + 6	29	7,9	21,0	3 + 1
24. 2.	40	25,8	105,3	6 + 7	52	56,8	242,1	6 + 8	51	53,0	237,1	2 + 4
29. 3.	40	31,0	100,1	8 + 14	36	36,1	49,2	16 + 4	40	48,8	98,1	10 + 0
26. 4.	32	10,8	3,8	2 + 2	35	73,6	110,4	2 + 0	38	2820,0	1137,5	6 + 0
28. 5.	39	27,3	23,4	0 + 2	37	17,5	23,8	4 + 0	39	1447,7	690,2	24 + 12
22. 6.	8	5,9	7,2	6 + 0	14	30,0	26,8	6 + 0	17	19,4	72,2	19 + 2

6. Besprechung der Beobachtungen über die horizontale Verteilung pelagischer Diatomeen in sechs Stationen des Golfmeeres

Die vorliegenden Beobachtungen geben Aufschluß über die in der Zeit vom Januar bis Juni 1957 beobachtete horizontale Verteilung der Planktondiatomeen im Golf von Neapel. Über diese Erscheinung — in bezug auf das Gesamtplankton — hat sich bereits vor mehr als einem halben Jahrhundert Schütt (1892) Gedanken gemacht. Nach seinen Befunden, die sich auf Beobachtungen in der Zeit vom 23. Oktober 1888 bis 8. März 1889 erstreckten, war die zeitliche und örtliche Verbreitung des Planktons im Golf „. . . von sehr großer Gleichmäßigkeit". Das Mittel der Fänge, die mit dem Hensenschen Schließnetz durchgeführt worden sind, betrug 3,2 cm^3 Gesamtmikro- und -mesoplankton je m^3 Wassermasse. Diese Zahlen „liegen nahe bei jenen, die für die Sargassosee bekannt sind". Die große Gleichmäßigkeit der Planktondichte begründet Schütt damit, daß nach der Vegetation einer Planktonform eine andere an ihre Stelle tritt. Den Meeresströmungen schreibt Schütt dabei nivellierende Tätigkeit zu, die verhindert, daß eine Lokalfauna zur Ausbildung kommt.

Nach meinen Beobachtungen besteht ebenfalls eine deutliche Sukzession der Planktongesellschaften. Wir haben eine Ablösung der Coccolithinenvegetation durch Diatomeen — und umgekehrt — festgestellt. *Chaetoceros*-Arten wurden vorherrschend; *Cyclotella* und *Pseudokephyrion* wurden im Nannoplankton dominant; schließlich beherrschten in Küstennähe *Stephanopyxis* und *Nitzschia* den Aspekt; Peridineen und Radiolarien waren auffallend häufige Begleiter. Wir konnten mehrmals hohe Plankton- und Detritusdichten in Verbindung mit ansteigenden Literzahlen der Kruster beobachten. Von einer großen Gleichmäßigkeit der Planktondichte im Golf möchte ich jedoch nicht sprechen, noch viel weniger aber von einer solchen der pelagischen Diatomeen, wofür die Monatsaspekte ein Beweis sind. Vor allem besteht eine klare, durch das Gefälle der Nährstoffkonzentration von der Küste zur Bocca verursachte horizontale Schichtung der Diatomeen, deren Dichte von der Küste zur Bocca wesentlich abnimmt. Einem auffallenden Wandel kann auch die zeitliche Verteilung unterliegen. Während im Spätherbst und Frühwinter 1955/56 in Schlepp- und Vertikalzügen reiches Phytoplanton eingebracht wurde, blieben die Netze in demselben Beobachtungszeitraum des Jahres 1956/57 nahezu leer. Das anfallende Material mußte zentrifugiert werden, um die für das Präparat erwünschte Dichte zu haben. Im Mai 1957 beobachtete ich beispielsweise bei allgemein großer Planktondichte in Station C zahllose kleine Salpen, in Station B nur wenige Exemplare, in den übrigen Standorten kein einziges Individuum. Ebenso fand ich Medusen in Schwärmen lebend. Kamptner (1944) berichtet, daß in der Bucht von Neapel 35 Arten von Kalkgeißlern festgestellt wurden, während in der Bucht von Salerno nur eine einzige Art vorkam. Margalef (1957) untersuchte vor der spanischen Mittelmeerküste an zwei verschiedenen Standorten durch 6 Jahre hindurch die Abfolgen der Phytoplanktongesellschaften. Der Autor fand jahreszeitlich wiederkehrende Sukzessionen, aber auch wesentliche Schwankungen quantitativer und qualitativer Natur. Als Ursache hierfür kommen Triftwirkung und verschiedene unterdrückende oder fördernde Momente in Frage. Wenn Schütt von einem nivellierenden Einfluß der Strömungen spricht, so darf ich auf Grund meiner Beobachtungen den Strömungen und Gezeiten auch anhäufende Wirkung zuschreiben. Vor allem muß auch die Windwirkung berücksichtigt werden. Die Beobachtung eines Litoralaspektes in Golfmitte und die Massenansammlung von Schmetterlingsflügelschuppen in Station D sprechen eindeutig dafür. Schon Brandt (1885) berichtete, daß Winde aus Nord, Nordost, Nordwest das pe-

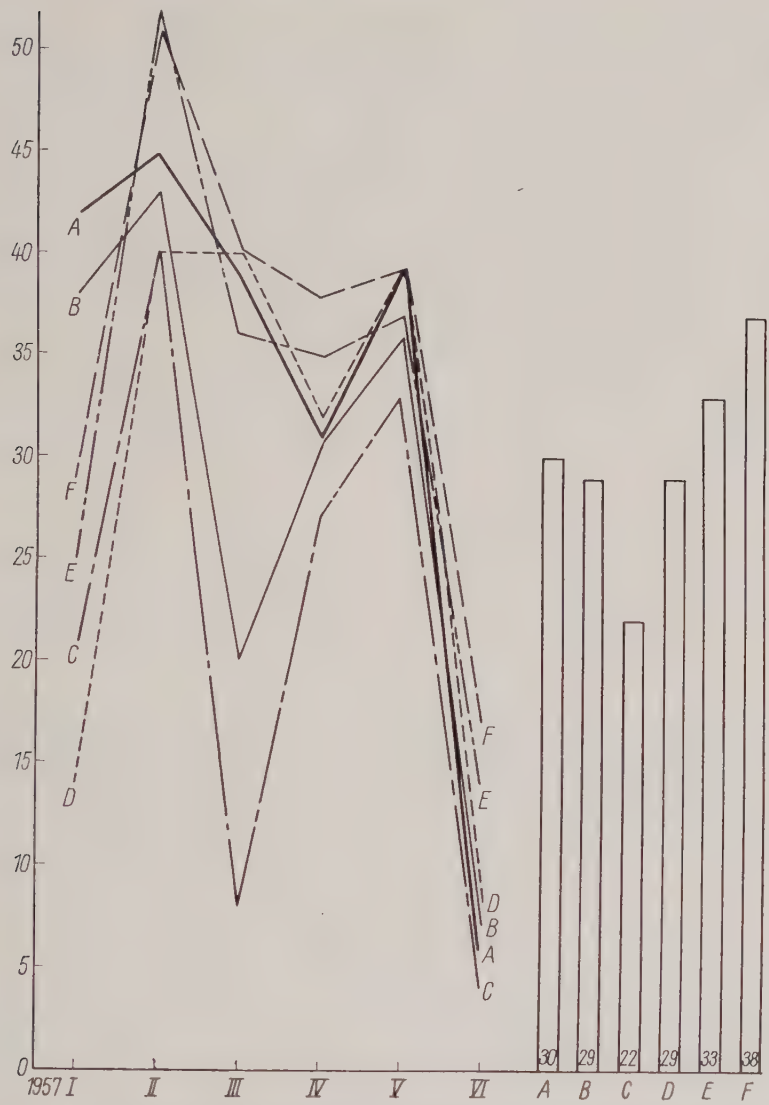


Abb. 6. Die Frequenzzahlen der Arten in den sechs Stationen (Kurven); daneben die Darstellung der durchschnittlichen Frequenzzahlen in ihrer monatlichen Abfolge vom Januar bis Juni 1957.

lagische Leben aus dem Golf blasen. Sie spülen aber auch Plankton aus Nordwest, von der Volturnomündung und Cumaküste in den Golf herein und Litoralorganismen bis weit über Golfmitte hinaus! Im Zusammenhang damit möchte ich auf meine Sichttiefenbeobachtungen (1956/57) im Golf verweisen. Es ist erstaunlich, welch raschem Wechsel die Sichttiefe auf verhältnismäßig kleinem Areal unterworfen ist. Auf Grund meiner Erfahrungen in den sechs Stationen glaube ich mehr als bisher wechselnde

Planktondichte dafür verantwortlich machen zu dürfen, wie auch aus nachfolgender Darstellung (Abb. 6) ersichtlich wird. Sie zeigt die im ersten Halbjahr 1957 in den sechs Stationen beobachteten Frequenzzahlen der Arten. Die Durchschnittszahlen liegen zwischen 22 und 38.

Die höchste Frequenzzahl wird in der küstennahen Station F erreicht, die niedrigste in der Station C in Golfmitte. Diese Verteilung gründet sich offensichtlich auf das von der Küste zur Bocca bestehende Nährstoffgefälle. Verfolgt man die Frequenzzahlen der aufeinanderfolgenden Monate, so ergibt sich, daß die küstenfernen Stationen B, C im März ein Minimum hatten, das man vielleicht damit begründen kann, daß manche Arten küstennahe aufkommen. Das auffallende Absinken der Frequenzzahlen mit Sommerbeginn ist wahrscheinlich temperatur- und lichtbedingt.

In den sechs Stationen wurden insgesamt 89 Arten beobachtet. Nachfolgende Übersicht zeigt, daß mehr als die Hälfte aller Arten (51%) in allen Stationen beobachtet worden sind; 16 Arten (18%) wurden nur in einer einzigen Station gefunden. Alle Beobachtungen beziehen sich natürlich nur auf den jeweiligen Ort und Zeitpunkt der Probenentnahme.

6 St.	5 St.	4 St.	3 St.	2 St.	1 St.
46	10	2	4	11	16
51%	12%	2%	4%	13%	18%

Zusammenfassung

Vom Januar bis Juni 1957 wurde an sechs verschiedenen Stationen des Golfes von Neapel Phytoplankton aus 10 m Tiefe auf seine Diatomeenvegetation (Artenzahl, Volksdichte, Biomasse) und die wichtigsten Begleitorganismen untersucht. Von der Küste zur Bocca nimmt die pelagische Diatomeenbesiedlung wegen des Nährstoffgefälles auf dieser Strecke wesentlich ab. In den sechs Stationen bestanden zeitlich und örtlich wechselnde Volksdichten der Planktondiatomeen. Zum Teil sind diese Verhältnisse durch Strömungs-, Gezeiten- und Windwirkung verursacht.

Literatur

BRANDT, K., 1885: Die kolonienbildenden Radiolarien des Golfes v. Neapel. Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Vol. XIII, 6 u. 276.

CUPP, F. E., 1943: Marine Plancton Diatoms of the West Coast of North America. Bull. of the Scripps Inst., La Jolla. Vol. **5**, No 1.

HENTSCHEL, E., 1929. Das Leben des Weltmeeres. Springer Verlag, Berlin.

HUSTEDT, F., 1930: Die Kieselalgen, Vol. **1**, **2**. Akad. Verlagsges., Leipzig.

— 1957: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. naturw. Ver. Bremen **34**, 3.

INDELLI, E., 1945: Il microplancton di superficie del Golfo di Napoli. Acta Pontif. Acaod. Sc. **7**, 11, 91—100.

KAMPTNER, E., 1944: Coccolithineen-Studien im Golf von Neapel. Wien. Bot. Zschr. Vol. **93**, H. 3/4, 137—147.

KARSTEN, G., 1898: Formänderungen von *Sceletonema costatum* und ihre Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Kieler Wiss. Meeresuntersuchungen **3**, 7.

KORRINGA, P., and POSTMA, H., 1957: Investigations into the fertility of the Gulf of Naples and adjacent salt water lakes with special reference to shellfish cultivation. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, Vol. **29**, 229—284.

Lo Bianco, S., 1909: Notizie biologiche riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del Golfo di Napoli. Mitth. Zool. Stat. Neapel; vol. **19**, 513—761.

Margalef, R., 1957: Variación local e interanual en la secuencia de las poblaciones de fitoplancton de red en las aguas superficiales de la costa mediterránea española. Investigacion Pesquera, Barcelona, p. 65—95.

Schütt, F., 1892: Analytische Planktonstudien. Verlag Lipsius, Leipzig.

Välikangas, I., 1926: Planktonische Untersuchungen im Hafengebiet von Helsingfors. Acta Zool. Fenn. **1**.

Wawrik, F., 1957: Interessante Florenelemente in der pelagischen Diatomeenvegetation des Golfes von Neapel. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, vol. **30**, 269—278.

— 1961: Die pelagische Diatomeenflora des Golfes von Neapel und ihre ökologischen Grundlagen. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, **32**, 187—240.

Dr. Friederike Wawrik
Scheibbs, Niederösterreich
Österreich

Nachtrag:

Hapgood, W., 1960: Hydrographic observations in the bay of Naples (Golfo di Napoli) January 1957 — January 1958 (Station Lists). Pubbl. Staz. Zool. Napoli **31**, 337—371.

Int. Revue ges. Hydrobiol. | 46 | 4 | 1961 | 480—492

H. Liebmann und G. Keiz

Bayerische Biologische Versuchsanstalt München und Wielenbach

Biologisch-chemische Untersuchungen am Lech mit besonderer Berücksichtigung der natürlichen Selbstreinigung[1])

Herrn Prof. Dr. A. Wetzel zur Vollendung des 70. Lebensjahres gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabe der Untersuchung 480
2. Das Gütebild des Lech 482
3. Biologie und Chemie des Forggensees 483
4. Fischereibiologie des Forggensees 487
5. Die Selbstreinigung im Lech 488
Literatur 491

1. Aufgabe der Untersuchung

Biologisch-chemische Flußuntersuchungen sind heute dann von besonderem Interesse, wenn sie dazu beitragen, den unterschiedlichen Verlauf der natürlichen Selbstreinigung in gestautem und ungestautem Wasser zu klären. Durch die Untersuchung des Lech vor und nach der Errichtung seiner vielen Staustufen bot sich Gelegenheit, den Verlauf der Selbstreinigung in einem Gebirgsfluß unter den verschiedensten Bedingungen der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeit des Wassers zu studieren. Bei den Untersuchungen wurde besonderer Wert auf das Verhalten der organisch fäulnisfähigen Substanzen gelegt, die mit den Abwässern in den nicht gestauten und gestauten Lech geleitet werden. Dabei kam es darauf an, die Wasserqualität des Flusses ins einen verschiedenen Abschnitten biol.-chemisch nach der Münchner Methode festzuhalten (Liebmann 1959). Der Lech, in Tirol entspringend, verläuft rund 167 km auf deutschem Boden und mündet unterhalb von Donauwörth in die Donau. Es ist aus energiewirtschaftlichen Gründen geplant, den Lech in 35 Staustufen aufzustauen, von denen ein wesentlicher Teil inzwischen fertiggestellt ist. Zu Beginn der perlschnurartigen Kette von Staustufen wurde 1954 der Lechspeicher Roßhaupten, der heute sogenannte Forggensee, errichtet. In diesem Gebiet bot sich uns eine besonders günstige Gelegenheit, die Selbstreinigung des Lech vor und nach der Errichtung des Forggensees vergleichend studieren zu können.

Für die Lechstrecke von Füssen bis Augsburg sind insgesamt 26 Lauf-Kraftwerke geplant, von denen ein wesentlicher Teil bereits fertig ist. Diese Kraftwerke sind in

[1]) Die Arbeiten wurden als Forschungsauftrag des Bayer. Wasserwirtschaftsverbandes durchgeführt.

Abb. 1. Relief des Lechspeichers Roßhaupten (Forggensee); BAWAG-Archiv.

Form einer sogenannten Kraftwerkstreppe so angeordnet, daß das Unterwasser einer Stufe das Oberwasser der nächst tiefer gelegenen Stufe bildet. Zu Beginn der Kraftwerkstreppe liegt der Forggensee als Kopfspeicher, der sich von Füssen aus in einer Länge von 10 km mit einer größten Breite von 3 km bis zur Sperrenstelle bei Fluß-km 154 ausdehnt. Die Abb. 1 zeigt den See bei einer Stauhöhe von 781,0 m ü. NN, die nur während des Sommerhochwassers kurzfristig die Quote 782,0 m ü. NN erreicht, im

übrigen aber von Mitte Mai bis Wintersanfang konstant bleibt (Frohnholzer 1953).

Es ist die Aufgabe des Speichers, Hochwasserspitzen abzufangen, einen gleichmäßigen Wasserabfluß zu gewährleisten und energetisch nutzbare Wassermengen für niederschlagsarme Zeiten zu sammeln. Unsere biologisch-chemischen Untersuchungen begannen im Jahre 1953, also ein Jahr bevor mit dem Aufstau des Lech bei Füssen begonnen wurde.

2. Das Gütebild des Lech

Es sei zunächst auf das Gütebild des Lech eingegangen, wie es zwischen Fluß-km 167,5 und 154 vor Errichtung des Forggensees festgestellt wurde. Der Lech erreichte bei Fluß-km 167,5 als praktisch nicht verunreinigter Fluß der Güteklasse I die Landesgrenze. Durch die z. T. in die Füssener Ache eingeleiteten Abwässer von Füssen hat die Ache die Wassergüteklasse II bzw. III—IV. Durch diese Belastung veränderte sich vor dem Aufstau des Lech dessen Wassergüte von I auf I—II. (Erläuterung der Wassergüteklassen: Liebmann 1959.)

Diese Wasserverschlechterung erstreckte sich etwa bis zum Fluß-km 154 hin. Durch das schnelle Fließen in flacher Schicht ging die natürliche Selbstreinigung so rasch vor sich, daß etwa von Flußkm 154 an der Lech wieder die Wassergüteklasse I erreicht hatte.

Nach Aufstau des Forggensees weist der gesamte Seeboden bis auf die Füssener Bucht die Güteklasse I—II auf. Eine Ausnahme bildet der stark verunreinigte Seeteil vor der Füssener Ache, wo am Seeboden die Güteklasse III—IV kartiert werden muß (Abb. 2). Die Freiwasserzone des Forggensees gehört im wesentlichen zur Güteklasse I und I—II, lediglich vor der Füssener Ache ist das Wasser mäßig verunreinigt (Güteklasse II). Im Bereich der Mündung der Füssener Ache kommt es häufig zu einer unerwünschten Massenentwicklung verschiedener Algenarten, die in der Abb. 3 als Wasserblüten kartiert worden sind.

Ehe die Schlußfolgerungen aus dem verschiedenen Verhalten der natürlichen Selbstreinigung im nicht gestauten und gestauten Oberlauf des Lech gezogen werden, sei zunächst an Hand der Abb. 4 auf das Gütebild des Lech von Fluß-km 154 an bis zu seiner Mündung eingegangen. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Lech vom Forggensee an bis Schongau kaum verunreinigt und gehört der Güteklasse I bzw. I—II an. Durch die Abwässer der Stadt Schongau erfolgt eine Belastung des Lech mit fäulnisfähigen organischen Stoffen, so daß die Wasserqualität eine Verschlechterung etwa zur Wassergüteklasse II—III erfährt. Die im Bau befindliche Kläranlage Schongau wird zukünftig dazu beitragen, die Wasserqualität in diesem Gebiet wieder zu verbessern. Bei der guten Wasserführung des Lech (MNQ 50 m^3/sec) und der guten Selbstreinigungskraft erfolgt der Abbau der Abwässer von Schongau relativ rasch, so daß nach einigen Fluß-km die Wassergüteklasse II und schließlich wieder die Wassergüte I—II vorhanden ist. Von hier ab bis zum Hochablaß von Augsburg, einer Strecke von rund 70 km, ist der Lech, von geringen örtlichen Verunreinigungen abgesehen (besonders unterhalb von Landsberg, wo etwa 3 bis 4 km unterhalb Landsberg Wassergüte II kartiert wird), nur gering verunreinigt und gehört im wesentlichen zur Wassergüte I—II. Im Hochablaß von Augsburg wird das Lechwasser in mehrere Stadtbäche geleitet und durchfließt teils ober- und teils unterirdisch den Stadtbereich. Auch das Wertachwasser wird größtenteils in den sogenannten Holzbach geleitet und durchfließt im oberen Teil mäßig verunreinigt das Stadtgebiet.

Abb. 2 Bodengüte des Forggensees bei Vollstau 1955

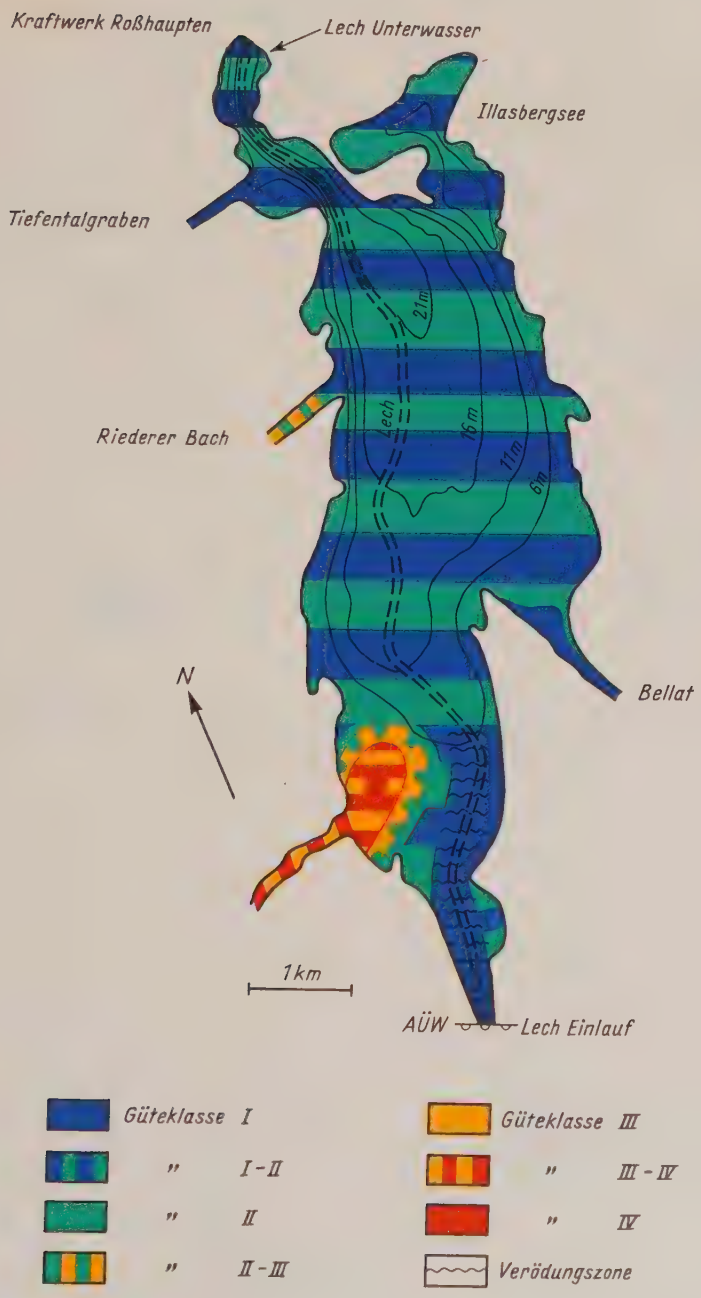


Abb. 3 Wassergüte des Forggensees bei Vollstau, Sommer 1954

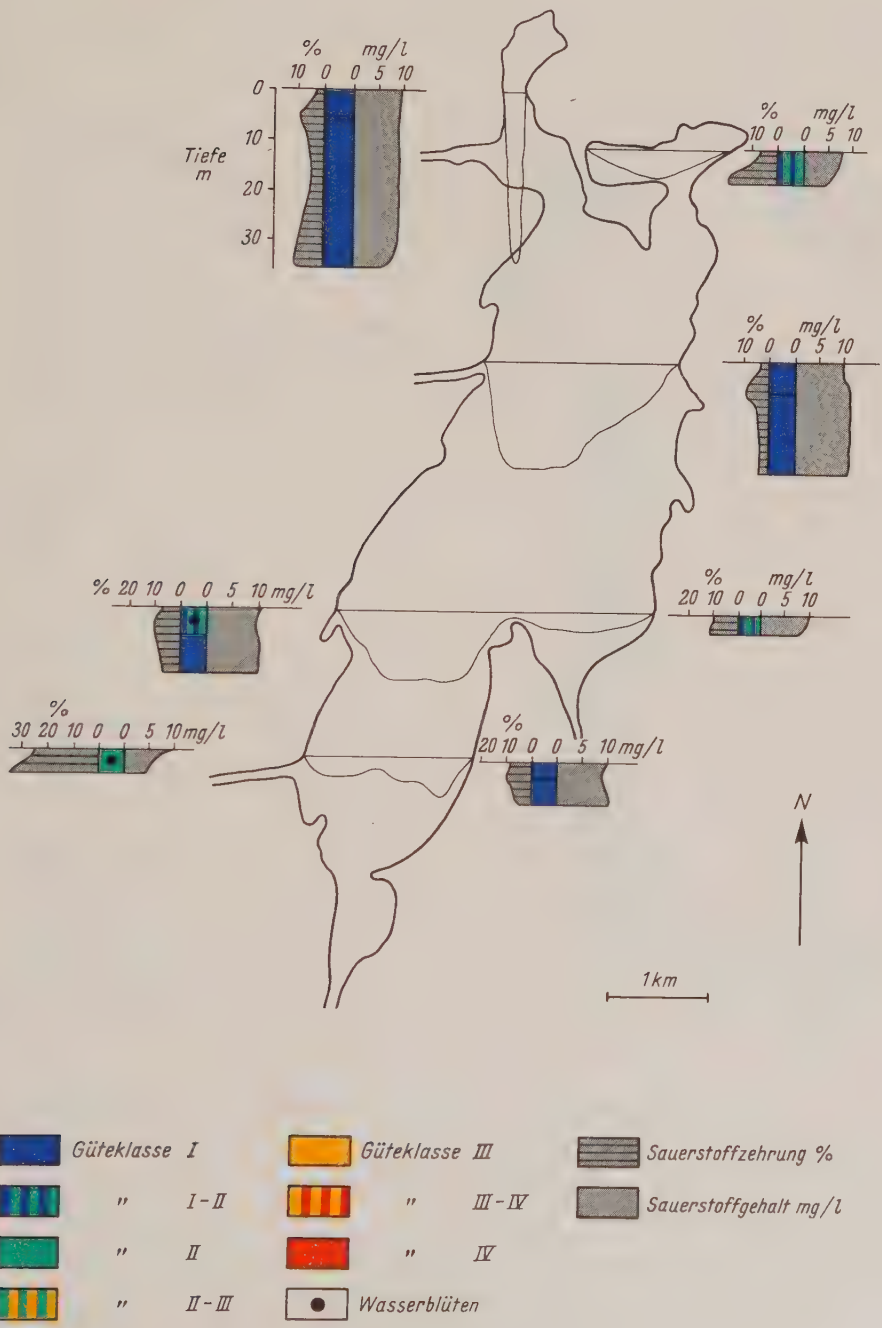
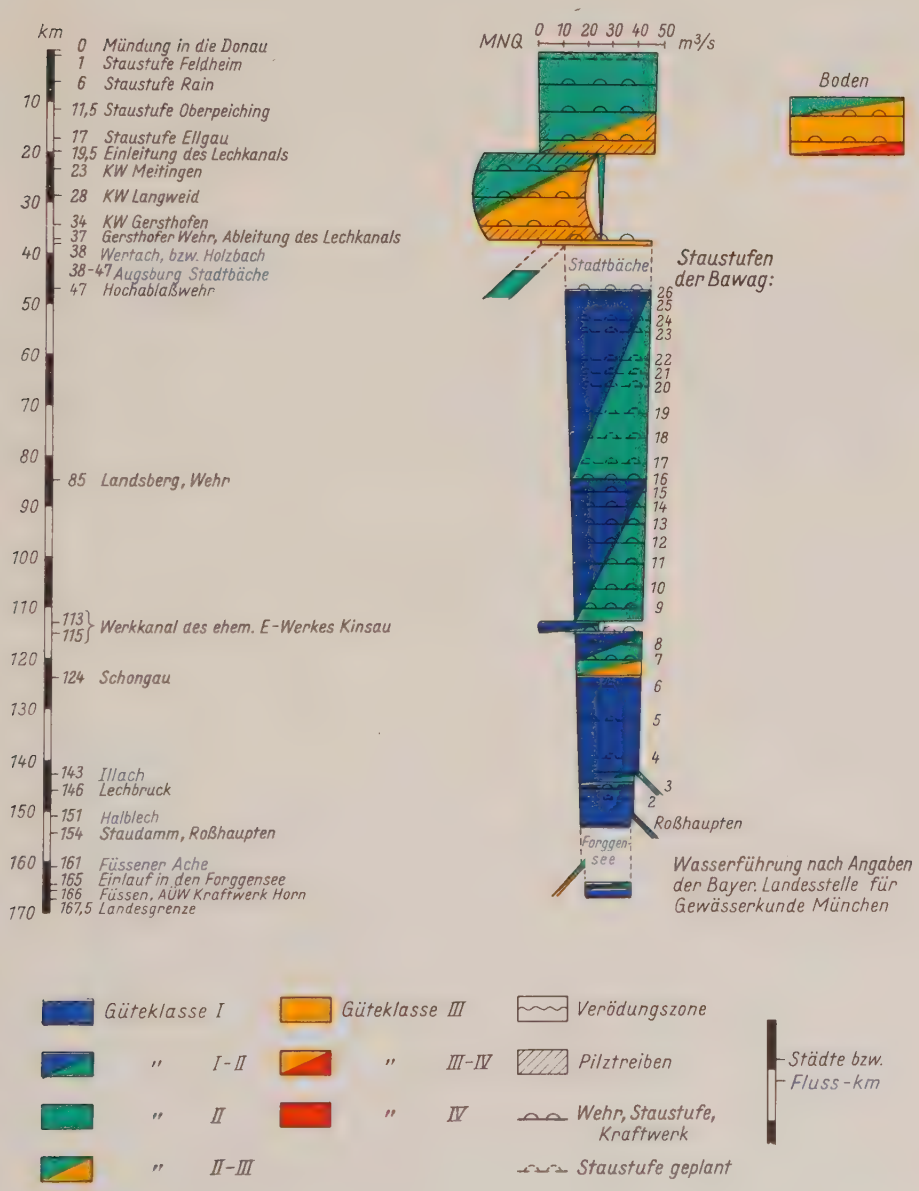


Abb. 4 Gütebild des Lech

Untersuchung 1958 – 1959
durch die Bayerische Biologische Versuchsanstalt, München

Kartierung nach der Münchner Methode



Vor Errichtung der mechanischen Zentralkläranlage Augsburg war der Lech unterhalb dieser Stadt stark verunreinigt. Im Wasser kam es zur Ausbildung eines sogenannten Treibens von *Sphaerotilus natans*, das sich über eine Strecke von rund 30 km bis in die Staustufe Rain hin erstreckte. In den Staustufen Ellgau und Oberpeiching lagerten sich die Schmutzstoffe und sedimentierenden Flocken von *Sphaerotilus* in großen Mengen ab, und es kam am Boden dieser Staue zur Ausbildung von großen Faulschlammfeldern der Güteklasse III—IV. Mit der Fertigstellung der mechanischen Zentralkäranlage von Augsburg haben sich die Verhältnisse im Lech gebessert. Bis Gersthofen ist der Lech zwar noch der Wassergüte III zuzurechnen. Von da ab herrscht jedoch wieder die Wassergüte II—III vor, die auch in den Staustufen Ellgau bis Oberpeiching festzustellen ist. An der Mündung des Lech in die Donau gehört dieser der Güteklasse II an.

3. Biologie und Chemie des Forggensees

Nachdem das Gütebild des gesamten Lech sowie die Verhältnisse vor und nach Errichtung des Roßhauptner Speichers geschildert worden sind, wird im folgenden speziell auf die biologisch-chemische Untersuchung am Forggensee eingegangen. Nach Errichtung dieses Stausees wurden die Untersuchungen noch 2 Jahre lang fortgesetzt, um auch Beobachtungen über die Besiedlung eines gestauten Gebirgsflusses machen zu können. Die in den 2 Jahren durchgeführten Untersuchungen lassen im Hinblick auf den Chemismus der gesamten Freiwasserzone des Sees keine sehr auffälligen Veränderungen erkennen (Tabelle 1).

Tabelle 1. Chemie des Forggenseewassers

Entnahmestelle: ehemalige Lechschlucht 31. 7. 1954;
Durchsichtigkeit des Wassers mit der Sichtscheibe: 6,20 m

	in 1 m	in 36 m Tiefe
pH	7,5	7,4
Wassertemperatur °C	15,8	9,6
Abdampfrückstand mg/l	200	—
Sauerstoffgehalt mg/l O_2	9,6	9,9
Sättigungswert bei Wassertemperatur mg/l O_2 unter Berücksichtigung der Höhenlage	9,1	10,5
Übersättigung bzw. Defizit mg/l O_2	+0,5	—0,6
Sauerstoff nach 48 Stunden mg/l O_2	9,1	9,0
Sauerstoffzehrung nach 48 Stunden mg/l O_2	0,5	0,9
Sauerstoffzehrung in Prozent des Anfangssauerstoffs	5,5	9,1
Oxydierbarkeit mg/l $KMnO_4$	7,0	6,0
Nitrate mg N_2O/l	0,7	1,0
Chloride	um 1 mg/l	—
Gesamthärte (GH) °d	9,4	9,6
Carbonathärte (KH) °d	7,9	7,9
Nichtcarbonathärte °d	1,5	1,5
P_2O_5 mg/l	um 0,01	—

pH-Werte, $KMnO_4$-Verbrauch, Nitrat-, Chlorid- und Phosphatwerte sind weitgehend konstant. Carbonat- und Gesamthärtewerte zeigten eine Abhängigkeit von

der Seetiefe bzw. der Jahreszeit. Nitrite und Schwefelwasserstoff waren überhaupt nicht oder nur an bestimmten Stellen stärkerer organischer Verunreinigung in Spuren bestimmbar. Die Sauerstoffwerte des Wassers lagen zu Beginn der Untersuchungen im Sommer 1953, also vor Staubeginn, nahe der Sättigungsgrenze, während im Sommer 1954 nach Beginn des Aufstaues bereits in den bodennahen Schichten stellenweise ein Defizit von 20 bis 30% festzustellen war. Im Bereich der Mündung der Füssener Ache in der jetzigen sogenannten Füssener Bucht ist die stärkere Belastung mit fäulnisfähigen organischen Stoffen auch an einer vermehrten Wasserpflanzenbildung deutlich erkennbar. Während es vor dem Aufstau besonders Oscillatorien waren, die sich an dieser Stelle auch durch Geruchsbelästigungen unangenehm bemerkbar machten, sind es nach dem Aufstau Vertreter von *Cladophora* und *Spirogyra*, die als lange Büschel im ziemlich flachen Seeteil an der Einmündung der Füssener Ache die Wasseroberfläche erreichen und sie in größeren Flächen zusammenhängend bedecken.

Tabelle 2. Bakteriologische Verhältnisse des Forggensees (nach Deufel)

Stand: 30. 8. 1954	Wassertiefe m	Keimzahl ml	Colizahl 100 ml
Unterwasser des Kraftwerkes Horn	0	5600	300
300 m ostwärts der Mündung der Füssener Ache	0	2540	12
an der Mündung der Füssener Ache	0	16500	2600
Profil Erkenbollingen-Brunnen	0	483	4
	10	3200	300
Profil Riedener Bach-Ostufer	0	645	24
	10	1750	150
	20	3430	800
Brunnener Bucht	0	348	20
ehemalige Lechschlucht	0	195	9
	10	250	22
	20	1500	500
	30	2200	800
Illasbergsee (St.: 29./30. 6. 1955)	0	280	19
	6	750	50

Die bakteriologischen Untersuchungen (s. Tabelle 2) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Seenforschung und Seenbewirtschaftung Langenargen durch Herrn Dr. J. Deufel, lassen im Hinblick auf die in der Füssener Bucht gefundenen sehr hohen Keimzahlen einen Badebetrieb in diesem Gebiet als bedenklich erscheinen. Im übrigen liegen die Keimzahlen im gesamten See relativ hoch. Es wird einmal ein Zusammenhang angenommen in der Ausschwemmung von Bakterien aus dem überstauten Boden, weiterhin führen durch stärkere Regengüsse verursachte Hochwässer größere Keimmengen zu, und schließlich stammt ein sehr bedeutender Teil aus den mit Abwässern belasteten Zuflüssen.

Der Seeabfluß liegt aus Gründen der Elektrizitätswirtschaft unnatürlich an der tiefsten Stelle des Sees. Es fließt daher stets das spezifisch schwerste Wasser, meist also das kälteste, durch die Turbinen ab. Besonders in der wärmeren Jahreszeit bestimmt der einfließende Lechstrom mit seiner Temperatur die thermischen Verhält-

nisse in der Tiefe des Sees. Die Tiefentemperaturen können daher, im Gegensatz zu den sonstigen natürlichen voralpinen Seen, relativ hoch ansteigen. Es konnten z. B. spätsommerliche Temperaturen bis zu +12 °C in 36 m Tiefe gemessen werden. Nach der Beendigung der Hochwasserwelle im Sommer tritt im Forggensee etwa ab Juni eine deutliche thermische Schichtung ein (Abb. 5). Beim Forggensee läßt sich im Gegensatz zu natürlichen Seen keine ausgesprochene scharfe Sprungschicht erkennen. Der Temperaturgang zur Tiefe ist mehr ein stetiger als bei den natürlichen Seen. Die

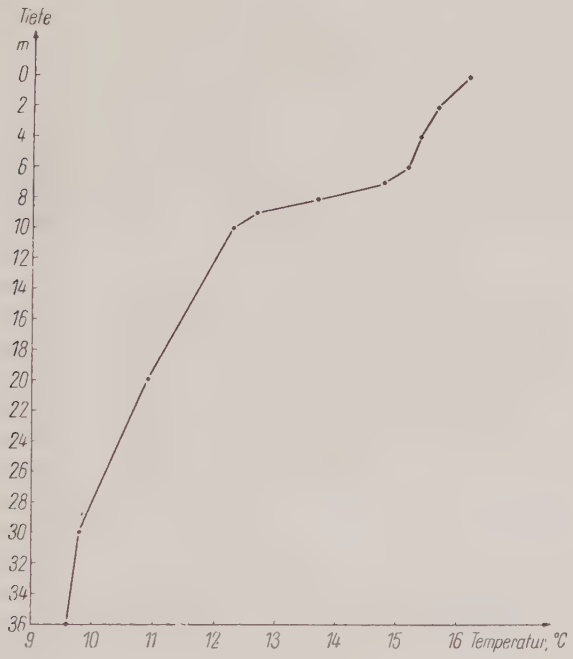


Abb. 5. Die thermische Schichtung im Forggensee (ehemalige Lechschlucht) am 31. 7. 1954, Original.

angenommene Sprungschicht liegt oberhalb 10 m Tiefe. Für die mangelnde Ausbildung einer Sprungschicht ist der Lechstrom verantwortlich, der sich in der Tiefe bewegt und ständig eine gewisse Turbulenz der Wassermassen bewirkt. Eine mittlere Einschichtung des Flusses im Sommer ist schon deswegen kaum zu erwarten, da das Flußwasser bedeutende Schwebstoffmengen mitführt, die sich nach und nach absetzen und etwaige darunter befindliche ruhende Wassermassen in Bewegung setzen würden. Im Sommer besteht auch im See ein horizontales thermisches Gefälle, wobei die höheren Temperaturen im Nordteil des Sees gemessen werden. Die Sichttiefen, gemessen mit Hilfe der Secchi-Scheibe, nehmen ebenfalls von Süden nach Norden zu als Folge der Klärwirkung des Sees auf die Schwebstoff-Fracht des Lech (Abb. 6). Zur Hochwasserzeit im Frühjahr weist der Lech nur Sichttiefen um 30 cm auf. Im See

können dagegen Sichttiefen bis zu 9 m angetroffen werden. Sie sind damit ein Ausdruck nicht nur für die Armut des Sees an anorganischen Substanzen, sondern auch an Lebewesen der Freiwasserzone.

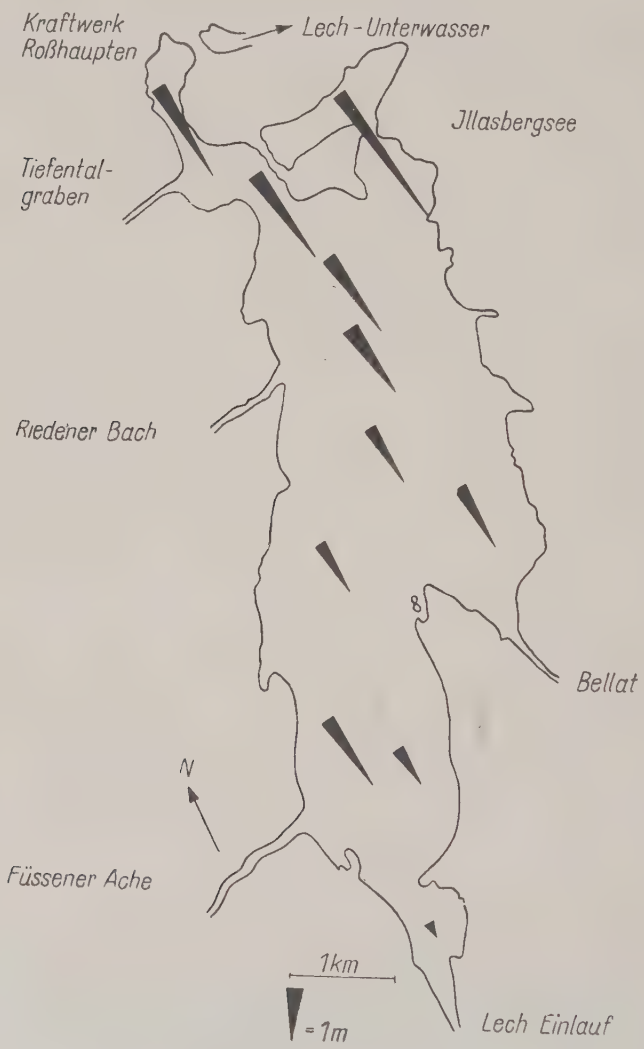


Abb. 6. Die Sichttiefe im Forggensee am 23. 7. 1954, gemessen mit der Secchi-Scheibe. Original.

Bei Vollstau bringt der Lech im Frühjahr eine bedeutende mineralische Fracht in den See. Die gröberen Partikel werden bereits weitgehend im Stauraum des Allgäuer Überlandwerkes festgehalten, der vor dem Forggensee liegt. Die feineren Schwebe-

teilchen werden dagegen in größerer Menge etwa bis in Höhe der Ortschaft Waltenhofen in den See hineingetragen und schließlich sedimentiert. Bis in diese Gegend kann man im gewissen Umfang eine Verödungszone feststellen (Abb. 2).

Da während der Winterzeit vier Fünftel der Seefläche trocken fällt, ist auch für eine ausreichende Mineralisation fäulnisfähiger Schlämme gesorgt. Durch die Auswinterung dürfte mit Sicherheit ein beachtlicher Teil der den Fischen als Nahrung dienenden Mückenlarven zugrunde gehen, je nach dem Grad der Absenkung und der entsprechenden klimatischen Situation.

4. Fischereibiologie des Forggensees

Von besonderem Interesse ist die Behandlung fischereibiologischer Fragen in einem derart jungfräulichen See. Von Wichtigkeit ist in dieser Hinsicht die Wirtschaftsmethode, also ob Erwerbs- oder aber ausschließlich Sportfischerei beabsichtigt ist. Der Kombination von Erwerbs- und Sportfischerei ist der Vorzug zu geben, wobei der Schwerpunkt bei der Erwerbsfischerei liegen muß. Eine planvolle Fischereibewirtschaftung ist an einem derartig großen Gewässer nur mit Unterstützung eines Berufsfischers möglich.

Für fischereiliche Fragen sind besonders auch die Beschaffenheit des Seebodens und seine biologischen Verhältnisse von Bedeutung, wie das Kartierungsergebnis zeigt (s. Abb. 2). Es wären von dieser Seite keine besonderen Schwierigkeiten zu erwarten. Ohne Zweifel werden durch die Auswinterungsprozesse trockengefallener Seeböden die Fischnährtiere vermindert. Es erfolgt aber im Frühsommer relativ rasch wieder eine Besiedlung der Uferzonen, die fischereilich von ganz entscheidender Bedeutung sind. Die Uferpartien eines Sees bis zu Tiefen von etwa 4 bis 6 m sind für die Aufzucht der Brut deshalb besonders wichtig, weil hier das Strahlungsklima voll wirksam wird. Wegen der Zweckbestimmung von Stauseen werden durch die Wasserstandsschwankungen diese Uferpartien stark in Mitleidenschaft gezogen, und besonders aus diesen Gründen ist es vielfach nicht möglich, die Fische zur natürlichen Fortpflanzung zu bringen und natürliche Wechselbeziehungen des Lebensbezirkes zum Fischbestand zu schaffen, was sich dann nachteilig auf den Fischertrag auswirken kann. Es ist deshalb erforderlich, wirtschaftlich wertvolle Nutzfische ständig einzusetzen.

Der ursprüngliche Lechstrom zwischen Füssen und Roßhaupten war ein typisches Äschengewässer. Die Äsche war neben der Bachforelle und neben dem Huchen der Charakterfisch. Diese Fischarten sind strömungsliebende Vertreter, deren Bestand im gestauten Lech auf die Dauer nicht zu erhalten sein wird. Die größeren voralpinen Seen sind Renkenseen. Diese forellenartigen Edelfische wären auf Grund der günstigen Sauerstoffverhältnisse im Forggensee lebensfähig. Schwierigkeiten sind bei der natürlichen Vermehrung zu erwarten. Diese Fischformen sind, abgesehen von den Bodenrenken, ausgesprochene Winterlaicher. Ihre Eier würden zu einem bedeutenden Teil im Winter trockenfallen, wenn der See auf ein Fünftel seiner Fläche abgesenkt würde. Außerdem können die schwankenden Wassertemperaturen, durch den Lech beeinflußt, ein frühzeitiges Schlüpfen der Brut bewirken, und zwar zu einem Zeitpunkt, wo der See noch arm an Schwebeorganismen ist. Falls die Schlüpfzeit in die Aufstauperiode hineinfällt, besteht ebenfalls Nahrungsmangel; denn der See vermehrt sein Volumen schlagartig um das Zehnfache. Ferner besteht die Gefahr, daß die sehr unbeholfenen Brütlinge durch den Stromzug aus dem See herausgespült werden.

Neben dem Besatz an Renken wäre an einen solchen mit Schleien, Hechten, Zandern und Seeforellen zu denken. Der inzwischen von den Seebewirtschaftern getätigte Einsatz an Regenbogen- und Bachforellensetzlingen hat sich vom sportfischereilichen Standpunkt aus bewährt. Die Wiederfänge waren beachtlich. Das Wachstum der Forggenseefische wurde vom Institut mit Hilfe der „Wielenbacher Markierung" untersucht. Es wurden mehr als 2000 Regenbogen-, Bachforellen und Schleien markiert. Bei den besonders gut untersuchten Regenbogenforellen zeigte es sich, daß die ein- bis zweisömmerigen Setzlinge innerhalb von einem Jahr einen mittleren Zuwachs zwischen 500 bis 1500 g aufwiesen (Abb. 7).

Abb. 7. Regenbogenforelle Nr. 147 mit abgeschnittener Fettflosse. Am Hauptstrahl der Rückenflosse eine „Wielenbacher Marke". Dieser Fisch war am 4. 5. 1957 im Forggensee (Allgäu) eingesetzt worden. Anfangsgewicht 130 g, Gesamtlänge: 24,2 cm. Wiederfang am 9. 2. 1958: 710 g Endgewicht, 41,3 cm Gesamtlänge, Milchner.

5. Die Selbstreinigung im Lech

Vergleicht man die biologisch-chemischen Bedingungen für die natürliche Selbstreinigung im nicht gestauten und gestauten Lech, so kommt man zu einer Reihe von Schlußfolgerungen, auf die im folgenden eingegangen werden soll.

Zunächst seien von den physikalischen Faktoren der natürlichen Selbstreinigung die Bedingungen für die Sedimentation und für das spezifische Gewicht im ungestauten und gestauten Fluß verglichen. Der Aufstau des Flußwassers bewirkt eine Verlängerung der Laufzeit des Wassers. Damit kommt es im Gegensatz zum schnell fließenden Wasser im gestauten zu unerwünschter starker Sedimentation an anorganischen und organischen Substanzen (Beispiel: Füssener Bucht). Die besseren Bedingungen für die Sedimentation, wie sie im gestauten Wasser gegeben sind, müssen demnach bei Betrachtungen über die natürliche Selbstreinigung als Nachteile des

gestauten gegenüber dem ungestauten Wasser angeführt werden. Sogenannte „Abwasserbänder" oder „Abwasserfahnen", die im Fluß durch Abwassereinleitungen in Ufernähe entstehen und die, durch das spezifische Gewicht und die Viskosität des Abwassers bedingt, über lange Strecken hin im schnell fließenden Wasser nachweisbar sein können, werden im gestauten Fluß verkürzt und erstrecken sich selten über mehr als eine Stauhaltung hin, zumal durch den Wellenschlag bzw. durch die Turbulenz eine Zerstörung der Abwasserbänder erfolgt. Den einzelnen Abwasserteilchen steht in der ungestauten Flußstrecke eine längere, im Staubereich dagegen eine kürzere Abbauzeit zur Verfügung. Es ist demnach im gestauten Fluß von Vorteil, daß der Abwassertransport nur über relativ kurze Fließstrecken hin erfolgt und daß im Vergleich zum ungestauten Wasser eine längere Abbauzeit zur Verfügung steht.

Als weitere, für die Selbstreinigung wichtige physikalische Faktoren sind Sonnenlicht und Wärme zu nennen. In diesem Zusammenhang sind im ungestauten und schnellfließenden Fluß die oft relativ niedrigen Temperaturen als Nachteil anzusehen, da durch niedrige Temperaturen die Abbauleistung herabgesetzt wird. Demgegenüber erwärmt sich gestautes und noch dazu oft trübes Wasser rasch, so daß die fäulnisfähigen Substanzen schneller abgebaut werden können.

Während die unter Umständen erfolgende Temperaturerhöhung im gestauten Wasser ein Vorteil für die Selbstreinigung ist, müssen die für das „Lichtklima" im tiefen Stau sehr ungünstigen Bedingungen als Nachteil für die Selbstreinigung angesehen werden. Wie Untersuchungen von Liebmann (1960) ergeben haben, ist im meist trüben Flußwasser das für das Gedeihen vieler Organismen lebenswichtige Lichtklima nur bis zur Tiefe von maximal 2,5 m wirksam. Während sich im ungestauten Fluß die Lichtverhältnisse im gesamten Flußbett ähneln und deshalb sowohl das Ufer als auch der Boden bis zur Flußmitte von den gleichen Tier- und Pflanzenarten besiedelt werden können, kann das Licht in Staustufen bzw. Stauseen nur in die obere Wasserschicht eindringen. Die Ansiedlung des Bewuchses ist deshalb im gestauten Fluß meist nur am Ufer möglich. Es fehlen vor allen Dingen in der Flußmitte eines tiefen Staues die am Boden wurzelnden Wasserpflanzen und damit wiederum fehlt das Heer derjenigen Organismen, welche die Wasserpflanzen als Anatzflächen benutzen.

Es kann deshalb zusammenfassend gesagt werden, daß hinsichtlich des Sonnenlichtes bzw. Lichtklimas ungestautes gegenüber gestauten Wasser bessere Voraussetzungen für die Selbstreinigung liefert.

Als weitere physikalische Faktoren der natürlichen Selbstreinigung sind Wellenbewegung und Strömung zu nennen, wobei turbulente Strömungen vorwiegend im ungestauten Wasser vorkommen. Bei starker Turbulenz im Wasser, wie sie beim Fließen in flacher Schicht über ein kiesiges Flußbett und beim kaskadenartigen Herabstürzen des Wassers eintritt, sind die günstigsten Bedingungen für die Sauerstoffanreicherungen des Wassers gegeben, ein besonders gutes Beispiel der wechselseitigen Beziehungen zwischen den physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren der Selbstreinigung. Die mit dem Ziel einer Leistungssteigerung sogenannter kleinräumiger biologischer Kläranlagen (Spültropfkörper und hochbelastete Belebungsbecken) in den letzten Jahren durchgeführten Versuche haben ergeben, daß die größten Leistungen, das heißt die besten Bedingungen für die Selbstreinigung, dann erzielt werden wenn es gelingt, eine Sauerstoffsättigung an den Grenzen Wasser/Organismus zu erreichen. Das wird um so eher möglich sein, je schneller und besser der Sauerstoff z. B. in einer Detritusflocke an die einzelnen Mikroorganismen, besonders Bakterien,

im Zentrum der Flocke vordringen kann. Je kleiner die Detritusflocke ist, je mehr sie durch die Turbulenz im fließenden Wasser zerschlagen worden ist, um so eher wird es dem Sauerstoff gelingen, die einzelne Bakterienzelle im Zentrum der Detritusflocke zu erreichen. Es können sich zwar bei sehr starker Strömung im ungestauten Fluß an den Steinen nur wenige Arten besonders angepaßter höherer Organismen halten, dafür überziehen sich aber die in der turbulenten Region befindlichen Steine mit einem Film von Mikroorganismen. Diese lagern auf den Ansatzflächen praktisch kaum übereinander, sondern bei der Dünne der Filme nebeneinander, so daß ihnen in dieser dünnen Schicht, bedingt durch die Turbulenz des Wassers, optimal Sauerstoff bzw. Luft zugeführt wird und die bei den Oxydationsprozessen der Organismen entstehenden Stoffwechselprodukte ebenso schnell abgeführt werden lönnen. Von den Kleinorganismen sind es besonders Bakterien, Blaualgen, Grünalgen, Kieselalgen und Pilze, die sich bei turbulenten Wasserbewegungen halten können.

Für die Lebensmöglichkeiten der Organismen sind wichtige Voraussetzungen Ansiedlungsmöglichkeiten und die Heranführung von Sauerstoff an die Zelloberfläche. Diese Voraussetzungen sind ebenfalls im flachen, schnellfließenden Flußwasser besser, als im tiefen gestauten.

Zu dem Problem der Verschiebung des biologischen Gleichgewichtes durch Wasserblütenbildung muß gesagt werden, daß durch Stauhaltungen die Gefahr der Entstehung von Wasserblüten vergrößert wird.

Den oben geschilderten biologischen Nachteilen, die gestautes gegenüber ungestautem Wasser aufzuweisen habt, steht der biologische Vorteil gegenüber, der durch die bei Stauhaltungen gewährleistete gleichmäßige Wasserführung gegeben ist. Wie Untersuchungen unseres Instituts ergeben haben, bildet sich im ungestauten und im gestauten Fluß sowohl an den unter Wasser liegenden Uferböschungen als auch im Flußbett zwischen den Kies- und Schlammteilchen ein biologischer Film, der überwiegend aus schleimbildenden Bakterien besteht. Wenn die Wasserhaltung eine möglichst gleichmäßige ist, verpichen gleichsam Ufer und Flußbett. Schmutzteilchen, die im Fluß treiben, schlagen sich auf diese Filme nieder und werden hier von Mikroorganismen vernichtet, so daß das Flußwasser gefiltert, das heißt keimarm, durch den Film hindurchtritt. Wenn dagegen der Wasserspiegel des Flusses stark schwankt, oder gar das Flußbett vorübergehend ganz trocken fällt, so zerbröckelt der biologische Film und ist unwirksam. Wenn etwa nach langer Trockenheit mit einer Hochwasserwelle große, inzwischen abgelagerte Schlammengen in Bewegung geraten, schlagen mit den organisch fäulnisfähigen Stoffen dann Colikeime sehr schnell ins Grundwasser und beeinträchtigen dessen Qualität. Bei der Gewinnung von Trinkwasser aus uferfiltriertem Flußwasser kann zwar durch zunehmende Stärke des biologischen Filmes und damit steigender Verpichung die Quantität des zu gewinnenden Wassers sinken, die Qualität aber wird steigen. Bei der zunehmenden Gewinnung von uferfiltriertem Flußwasser als Trink- und Brauchwasser ist es ein Vorteil der Flußstaue, daß sie eine relative Gleichmäßigkeit in der Wasserführung und damit eine Instandhaltung der biologischen Filme bewirken, die Flußufer und Flußbett ausgleichen.

Wie Liebmann (1960) ausführt, lassen sich die meisten der geschilderten wasserwirtschaftlichen Nachteile, welche mit dem Aufstau von Flußwasser verbunden sind, dann vermeiden, wenn nur solches Flußwasser gestaut wird, dessen Wassergüteklasse nicht unter II, maximal II—III liegt. Da aber viele unserer Flüsse eine solche Was-

serqualität vorläufig nicht mehr besitzen, führt das zu der zwingenden Schlußfolgerung, daß in der Wassergütewirtschaft die Sanierung der Abwasserverhältnisse in unseren Flüssen so weit vorwärtsgetrieben werden muß, daß auch im Hinblick auf die zunehmende Umwandlung der ursprünglichen Fließgewässer zu Stauhaltungen, die Wassergüteklasse II nicht unterschritten wird. Wenn der betreffende Fluß vor dem Aufstau bereits eine Wassergüte besitzt, die unter II—III liegt, ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, daß nach Stauerrichtung erheblich Kalamitäten in Form von Faulschlammablagerungen, Schwefelwasserstoffentwicklung und Fischsterben durch Sauerstoffmangel auftreten.

Zusammenfassend seien tabellarisch nochmals die geschilderten Vor- und Nachteile von Stauhaltungen auf die natürliche Selbstreinigung zusammengestellt (Tabelle 3).

Tabelle 3. Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von Stauhaltungen auf die natürliche Selbstreinigung (Schema) (aus Liebmann 1960)

Ungestauter Fluß	Gestauter Fluß
Vorteil: „Lichtklima" bis zum Boden wirksam	Nachteil: „Lichtklima" nur bis zu 2,5 m Tiefe wirksam
Vorteil: Viele turbulente Strömungen	Nachteil: Kaum turbulente Strömungen
Vorteil: Keine oder nur geringe Sedimentation	Nachteil: Erhebliche Sedimentation
Vorteil: Kaum Auftreten von „Wasserblüten"	Nachteil: Gefahr starker Wasserblütenbildung
Vorteil: Keine oder nur geringe „Verschilfung"	Nachteil: Möglichkeit starker „Verschilfung"
Vorteil: Vorkommen hochwertiger Kieslaicher und natürlicher Fischzuwachs, leichte Fangmöglichkeit	Nachteil: Überhandnehmen minderwertiger Krautlaicher, Zuwachs hochwertiger Fische durch laufenden künstlichen Einsatz, erschwerte Fangmöglichkeit
Nachteil: Kurze Abbauzeit der Schmutzstoffe	Vorteil: Längere Abbauzeit durch größere Verweildauer des Wassers im Stauabschnitt
Nachteil: Große Wasserstandsschwankungen, durch Trockenfallen schlechte Filterwirkung	Vorteil: Geringe Wasserstandsschwankungen, kein Trockenfallen, gute Filterwirkung
Nachteil: Abwassertransport über große Strecken, unter Umständen lange „Abwasserbänder"	Vorteil: Abwassertransport über kurze Strecken, unter Umständen Zerstörung der „Abwasserbänder" an Stauwerken, deshalb nur kurze Bandbildung

Literatur

Frohnholzer, J., 1953: Der Speicher Roßhaupten als Hauptglied für den Rahmenplan des Lechs. Die Wasserwirtschaft **43**, 167—177, 199—205.

Keiz, G., 1955: in Sammelreferat von W. Fritsch: Biologisch-chemische und wasserwirtschaftliche Probleme bei der Einleitung von Abwässern in Seen. Arch. Hydrobiol./Suppl. **22**, 301—305.

— 1959: Über Verfahren der Fischkennzeichnung in Wielenbach. Der Fischwirt **9**, 163—170.
Liebmann, H., 1959: Methodik und Auswertung der biologischen Wassergütekartierung. Münch. Beitr. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie **6**. 134—156.
— 1960: Untersuchungen über die Einwirkung von Stauhaltungen auf die natürliche Selbstreinigung. Sonderdruck Süddeutscher Wasserwirtschaftsverband.

Prof. Dr. H. Liebmann
und Konservator Dr. G. Keiz,
Bayerische Biologische Versuchsanstalt (Demoll-Hofer-Institut)
München 22, Veterinärstraße 13

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	3	1961	493—496

Buchbesprechungen

WUNDT, W.: Gewässerkunde. Mit 185 Abb. — Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1953. VI/320 S. Gr.-8°. Geb. DM 34,50

Eine allgemeine Darstellung der Gewässerkunde des Festlandes bietet dem Limnologen eine Information über „seinen" Lebensraum. WUNDT war es in diesem Buch um eine Synthese zu tun, um „von der Gewässerkunde die Brücke zu einer Reihe von Nachbarwissenschaften (zu) schlagen", wobei der — in den ersten Kapiteln behandelte — Kreislauf die räumlich getrennten Vorkommen des Wassers zu einem geschlossenen Ganzen verknüpft. Weitere Kapitel behandeln Wasserschutz und Wassernutzung und die Beziehungen zum Klima, zur Geomorphologie und zum Boden. Der Abschnitt „Gewässerkunde und Biologie" wird auf 25 Seiten zu knapp dargestellt. Für den Hydrobiologen bieten aber die ausführlichen Schilderungen über die Wasserschwankungen und ihre Messung eine wertvolle Nachschlagemöglichkeit. Auf eine regionale Darstellung der Gewässer wird verzichtet. Das Literaturverzeichnis ist ausführlich, für die Zeitschriftenbeiträge aber ohne Titelangabe: diese Raumersparnis geht auf Kosten der Benutzbarkeit. H. CASPERS

STANKOVIC, S.: The Balkan Lake Ohrid and its Living World. With 101 fig.-Den Haag: Uitgeverij Dr. W. Junk 1960. 357 p. Monographiae Biologicae Vol. IX. Hfl. 35, —

Der Ohridsee hat als einer der wenigen alten Seen durch den Reichtum seiner Endemismen ein ganz besonderes hydrobiologisches und tiergeographisches Interesse. Es ist Prof. STANKOVIĆ zu danken, daß er als einer der besten Kenner dieses Sees die Fülle der bereits vorliegenden hydrographischen und biologischen Untersuchungen nun in einer Monographie zusammengestellt hat. Auch manche an der Hydrobiologischen Station am Ohridsee erarbeiteten und noch unveröffentlichten Ergebnisse wurden verwertet. STANKOVIĆ hebt hervor, daß die Ohrid-Fauna limnischer Provenienz ist, also nicht auf Brackgewässer oder eine mediterrane Besiedlung zurückzuführen ist. Sie ist als direkte Folge der dinarischen praeglazialen Süßgewässer aufzufassen und damit pliozäner Herkunft. Alte thermophile Elemente, so die gemmula-lose *Ohridaspongia*, wurden hier konserviert. Der Ohrida stellte ursprünglich ein flaches Becken dar mit einer nur litoralen Fauna; durch Einsinken des Poljes ergab sich eine Spezialisierung der Formen in „Typen" nach der Tiefe zu.

Die physikalisch-chemischen Verhältnisse werden eingehend beschrieben und dann die biologischen Elemente biogeographisch analysiert. Auch die Fischerei wird behandelt. Die komplette Literaturliste, die eingehenden Index-Teile und die reiche Bebilderung sind hervorzuheben. — Ein schönes Buch, das für lange Zeit die Basis für weitere Foschung in diesem See und für allgemein-hydrogeographische Arbeit sein wird! H. CASPERS

HÖLL, K.: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser. 3. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1960. 235 S. DM 24, —

Dieses eingeführte Handbuch liegt jetzt in dritter, völlig neubearbeiteter und erweiterter Auflage vor. Das Kernstück ist weiterhin die Darstellung der Trinkwasserfragen, insbesondere der Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers. Hierin füllt das Buch eine Lücke. Es enthält die neuesten Verfahren. Auch die Heilwasser und Mineralwasser werden — erstmalig — behandelt, was besonders wertvoll ist, da es an neuerer Literatur hierüber mangelt. „Die Beurteilung einer Abwasserreinigungsanlage erfordert sehr viel Spezialerfahrung"; HÖLL gibt hierzu daher nur eine sehr kurze Übersicht, die biologischen Beurteilungsmöglichkeiten kommen nicht zur Behandlung. — Das Buch ist aus der Praxis geschrieben; es dürfte in seinem

Rahmen eine vielseitige und zuverlässige Information bieten. Es werden im Text auch Bezugsquellen für spezielle Geräte genannt, was nützlich ist. Aber sollte man nicht auf den Reklameanhang verzichten können, zumal er auf wesentlich besserem Papier gedruckt ist und den Leser darauf stößt, daß im Buch selbst ganz auf Abbildungen verzichtet wurde? H. Caspers

Dunbar, William Ph.: Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. Mit 257 Abb. 3. Aufl. München: R. Oldenbourg Verlag 1954. 643 S. Lw. DM 40, —

Dieser zuerst 1907 erschienene Leitfaden des Altmeisters der Abwassertechnik liegt jetzt in der 3. Auflage vor, zu der K. Imhoff das Vorwort schrieb. „Das Buch war seiner Zeit so weit voraus, daß fast sein ganzer Inhalt, vor allem seine wissenschaftlichen Abhandlungen, noch heute gültig sind. In keinem Lande ist seither ein gleichwertiges Buch dieses Wissensgebietes erschienen". „Der Fachmann wird sich überhaupt darüber wundern, wieviel von dem, was heute als neu dargestellt wird, schon vor 40 und 50 Jahren bekannt war". Diese Vorbemerkungen Imhoff's begründen, daß der Verlag eine unveränderte Neuauflage herausbrachte. Dem Referenten will scheinen, daß aber doch Zusätze und neuere Literaturverweise als Fußnoten nützlich gewesen wären, ohne daß der einheitliche Charakter dieses klassischen Buches zerstört würde, das zusammen mit neuen Abwasserpublikationen aber mit Nutzen zu verwenden ist. Dienlich wird es vor allem auch zur Einarbeitung in das komplexe Gebiet sein. H. Caspers

Henrysson, St., O. W. Haseloff, H. J. Hoffmann: Kleines Lehrbuch der Statistik für Naturwissenschaftler, Mediziner, Psychologen, Sozialwissenschaftler und Pädagogen. Berlin: Walter de Gruyter & Co 1960. VIII/173 S. geb. DM 24,—

Immer mehr ergibt sich in der Biologie die Notwendigkeit, die quantitative Auswertung der Ergebnisse statistisch exakt zu überprüfen. Das vorliegende Lehrbuch ist „mit dem Blick auf solche Leser geschrieben, die der Mathematik fernstehen und sich dennoch mit den grundlegenden Begriffen und Methoden der Statistik vertraut machen müssen". Der Text enthält eine Fülle von Beispielen, von denen allerdings nur ein kleiner Teil biologischen Inhalt hat. Es werden die Methoden der statistischen Beschreibung und Analyse behandelt unter Berücksichtigung der verschiedenen Korrelationen, auch der Scheinkorrelationen, Verläßlichkeitsbereiche, Prüfung von Hypothesen, Faktorenanalyse. Ein Anhang enthält Arbeitstabellen. — Das aus dem Schwedischen übersetzte und erweiterte Buch dürfte in seiner didaktischen Art dem Biologen sehr nützlich sein. H. Caspers

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Physikalische, chemische und bakteriologische Verfahren. Herausgeg. v. d. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker. 3., völlig neubearbeitete Aufl. — Weinheim/Bergstr.: Verlag Chemie, GmbH. 1. u. 2. Lief. 1960. 135 S. Zus. DM 27,50

Dieser eingeführte Analysen-Leitfaden erscheint jetzt in 3., weitgehend überarbeiteter Auflage, diesmal nicht (wie die 2. Aufl.) gebunden, sondern wieder als Ringband, mit System-Nummern, damit Blätter über neue Stoffe und Verfahren eingefügt werden können. So ist dem Werk die Möglichkeit stetiger Weiterbearbeitung gewährleistet. Verfahren, die hinsichtlich Genauigkeit und Zuverlässigkeit noch nicht befriedigen, wurden besonders gekennzeichnet. Das Gesamtwerk wird über 300 Blätter umfassen. Die vorliegenden ersten beiden Lieferungen enthalten die Bestimmung von Trübung, Temperatur, Radioaktivität, Dichte, spektrographische und flammenphotometrische Untersuchungen, Bestimmung einer Reihe von Ionen, von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff, von ungelösten Stoffen und ihres Glühverlustes, der Kolloide, Oxydierbarkeit, des biochemischen Sauerstoffbedarfs, des organisch gebundenen Stickstoffs, Gesamtstickstoffs, der Kohlenwasserstoffe, Phenole, Öle, Fette, Zucker, Stärke, Prüfung auf Fäulnisfähigkeit, Bestimmung von Detergentien und bakteriologische Methoden.

Dieses Buch dürfte wohl in jedem mit Wasseranalysen betrauten Laboratorium seinen festen Platz haben. H. Caspers

Vom Wasser. Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik. Herausgeg. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Dr. ing. W. Husmann. Weinheim/Bergstr.; Verl. Chemie GmbH.

Band 25 (1958) 1959. Mit 94 Abb., 36 Taf., 396 S., geb. DM 35,—

Band 26 (1959) 1960. Mit 132 Abb., 60 Taf., 426 S., geb. DM 36,—

Von diesem nützlichen Jahrbuch sind die letzten zwei Bände anzuzeigen. In ihrer Themenzusammensetzung spiegeln sie die Breite der modernen Wasseranalyse, ihre technische und biologische Auswertung. Jedem Band ist ein Sachverzeichnis beigegeben, das die Auffindbarkeit bestimmter Komplexe erleichtert. Der Inhalt (Titel z. T. gekürzt):

Band 25: Philipps: Bad Nauheim im Dienste der Menschheit.

Gerb: Grundwassertypen.

Fast u. Sauer: Die chemische Zusammensetzung südbadischer Grundwässer.

Berger: Gesichtspunkte zur Ozonbehandlung von Trinkwasser.

Axt: Über ein indirektes Verfahren zur Wasserozonisierung.

Thofern u. Woratz: Beitrag zum Wirkungsmechanismus des Chlors.

Knie: Über den Chemismus der Wässer im Seewinkel, der Salzlackensteppe Österreichs.

Ohle: Die Stoffwechseldynamik der Seen in Abhängigkeit von der Gasausscheidung ihres Schlammes.

Haberer: Radioaktive Stoffe im Wasser u. ihre Messung.

Stracke: Kontinuierliche Messung des im Wasser gelösten Sauerstoffes.

Giebler: Studien über die Behandlung von Abwässern der Schädlingsbekämpfungsmittelindustrie.

Thon: Ausnutzung der Katalase-Wirkung für eine rasche Abwasser-Charakterisierung.

Hofmann: Vollentsalzung im modernen Kraftwerksbetrieb.

Burkert: Untersuchungen über die Ursache von Korrosionserscheinungen an Kondensatorrohren.

Splittgerber: Die neuere Entwicklung bei den Turbinenölen.

Sierp: Amerikanische Rückschau auf die Abwasserliteratur des Jahres 1957.

Band 26: Guenther: Fragen der Wasserversorgung in Schleswig-Holstein.

Ohle: Die Seen Schleswig-Holsteins, ein Überblick.

Bernhardt: Jahreszeitlich bedingte Schwankungen der Wasserzusammensetzung einer Talsperre.

Richter: Chemische Gütezahl für Vorfluter.

Thon u. Beling: Zur Methodik bakteriologischer Flußwasseruntersuchungen.

Derpa: Wasserwirtschaftliche Gesichtspunkte beim Bau und Betrieb von Ölleitungen.

Klust u. Mann: Detergentienhaltige Abwässer und Zelluloseabbau im Wasser.

Klotter u. Neussel: Orthophosphate und Polyphosphate im Abwasser u. Oberflächenwasser.

Holluta u. Hochmüller: Untersuchungen über die Bestimmung der Oxydierbarkeit von Wasser und Abwasser.

Axt: Zur kontinuierlichen Messung des Sauerstoffs und anderer im Wasser gelöster Gase nach dem Phasenaustauschverfahren.

Klotter u. Uhlig: Die Abwässer der Zigarrenindustrie.

Mudrack: Untersuchungen zur Reinigung eines extrem zusammengesetzten Industrie-Abwassers mit dem Belebungsverfahren.

Malz: Versuche zur Entcyanisierung des Kokereiabwassers.

Weiszgerber: Über eine einfache Bestimmung des Salzgehaltes in Wässern verschiedener Herkunft.

Richter: Erreichbare Restgehalte an gelösten Substanzen in mit Ionenaustauscher behandelten Wässern.

de Jong: Über die Aufnahme von organischen Substanzen durch Ionenaustauscher.

Burkert: Über Zerstörungserscheinungen an einem Betonwerk durch Regenwasser.

Sierp: Amerikanische Rückschau auf die Abwasserliteratur des Jahres 1958. H. Caspers

Hynes, H. B. N.: The Biology of Polluted Waters. With 22 Fig. Liverpool: Liverpool University Press 1960. 202 p. 25 s.

Der Verfasser ist Senior Lecturer in Freshwater Zoology in the University of Liverpool. Er schrieb das Buch für den weiten Kreis der am Wasser interessierten Techniker, um sie mit dem biologischen Aspekt, also mit dem Wasser als Lebensraum und seiner Veränderung durch Abwassereinleitungen, vertraut zu machen. Ein recht ausführliches Literaturverzeichnis weist den Weg zur weiteren Einarbeitung in spezielle Fragen. „It has been my experience, when discussing the fascinating subject of river biology with people other than biologists, that while many of them are quite familiar with the various kinds of plants and animals which are to be found in the water they have no names to apply to them. This makes mutual understanding difficult and the biologist's contribution to the discussion only partly intelligible". Daher sind gute Zeichnungen der wesentlichen Formen eingefügt. Es sei hierzu nur die Kritik erlaubt, daß die „genauen" Artangaben den Laien zu Fehlbestimmungen führen können, indem er die als Abbildungsunterschrift angegebene species verzeichnet ohne Berücksichtigung sonstiger Arten, deren morphologische Unterschiede — zumal bei Larven! — gar nicht darzustellen sind.

Hynes schildert die verschiedenen Komplexe der abwasserbelasteten Gewässer und die Reaktion ihrer Biozönosen. Auch die Möglichkeiten der Wasserbesserung werden besprochen. So stellt das Buch für den angesprochenen Leserkreis eine gute Einführung dar. H. Caspers

Strickland, J. D. H., and Parsons, T. R.: A manual of sea water analysis. (With special reference to the more common micronutrients and to particulate organic material.) Ottawa: Publ. by the Fisheries Research Board of Canada, Bulletin No. 125, 1960. 185 p. $ 2.00

Der Pacific Oceanographic Group Fishery Research Board of Canada ist für diese aus der Praxis der Bordarbeit entstandene „laboratory instruction" zu danken. Der Vorteil des Buches liegt in der Ausführlichkeit: „Basic working instructions are given by the fullest detail". Jede Methode wird auch durch Literaturhinweise belegt. Von besonderer Wichtigkeit ist die eingehende Behandlung der Methoden zur Analyse des organischen Materials im Wasser: der Phytoplankton-Pigmente, der Abtrennung der mikroskopischen Partikel vom Wasser und der Bestimmung der einzelnen Protoplasmakomponenten. Ein eigener Abschnitt ist der Messung der Photosynthese gewidmet. Angefügt ist ein umfangreicher Tabellenteil. Der geringe Preis ist besonders hervorzuheben. H. Caspers

Zimmermann, M.: Photometrische Metall- und Wasser-Analysen mit Filterphotometern und mit Spektralphotometern. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage; Ringband. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1961. DM 58,—

Bei den photometrischen Methoden handelt es sich um ausgesprochene Mikromethoden. Diese wurden von Zimmermann überarbeitet und den Erfordernissen der Messung mit lichtelektrischen Photometern angepaßt. Bereits in der 1. Auflage (1953) war die Form des Ringheftes gewählt worden, um laufende Ergänzungen und Berichtigungen zu ermöglichen, die ebenso für die Neuauflage 1961 vorgesehen sind, die selbst aber eine Gesamtneubearbeitung darstellt. Es wurden Farbkurven aufgenommen und dabei auch die Eichfaktoren für das Spektralphotometer ermittelt. Für jeden, der z. B. mit dem Zeiss-Elko arbeitet, wird dieses Analysenbuch unentbehrlich sein, zumal es ständig auf dem letzten Stand der Methodik gehalten wird.

H. Caspers

Am 15. Dezember 1961 vollendet Dr. h. c. FRIEDRICH HUSTEDT sein 75. Lebensjahr.

Herausgeber und Verlag der Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie übermitteln ihm hierzu die herzlichsten Grüße und den Wunsch, daß seine Schaffenskraft in gleich unermüdlicher Form noch lange erhalten bleibe.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	498—513

Reimer Simonsen and Taro Kanaya

Notes on the Marine Species of the Diatom Genus *Denticula* Kütz.[1]

To our leader and teacher, Dr. Fr. Hustedt, for his 75. birthday

Contents

1. Introduction 498
2. Taxonomic part 498
3. Stratigraphic Distribution 504
4. Appendix 508
References 512

1. Introduction

In this paper, an attempt has been made to investigate all the marine species of the genus *Denticula* in order to clarify the taxonomy of the different forms. Hustedt (1927, p. 240) already has pointed out the necessity for revising this genus. The taxonomic revision forms the first part of this paper. The second part is devoted to the stratigraphic distribution of the revised species in 33 samples of Miocene and Pliocene diatomaceous rocks of California. To illustrate the stratigraphic distribution. 23 of these samples, whose stratigraphic positions are satisfactorily known, are given in chronological order on Table 1.

In order to investigate the geographic variation and stratigraphic ranges of the species in other parts of the Pacific area, approximately fifty samples from the Miocene and Pliocene of Japan were examined. The results of this part of the investigation will be published later, but the presence of all four extinct species, in approximately the same stratigraphic distribution as that found in California, has been established. No other *Denticula* species were found.

Grunow's slide from the Nicobar Islands in the Indian Ocean, and several samples of living plankton and deep-sea cores from the north Pacific were also examined in connection with the taxonomic study.

The marine *Denticula* species appear to be limited to the Indo-Pacific area in their fossil and Recent distribution.

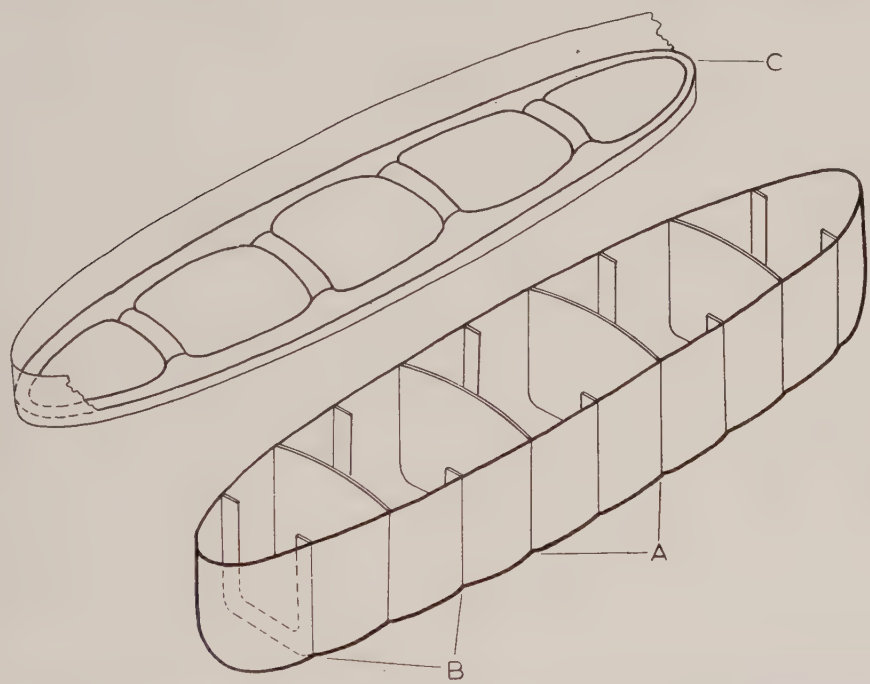
2. Taxonomic part

Up to now four marine species have been distinguished: *Denticula lauta* Bailey, *D. nicobarica* Grun., *D. kamtschatica* Zabelina, and *D. Seminae* nov. nom. (= *D. marina* Semina). Thorough investigation revealed that one species must be added, so that we are dealing now with five species. Only *Denticula Seminae* occurs today in the subarctic plankton of the Pacific; all the others are fossil. The diatom

[1]) Contribution from Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, New Series.

flora of the sediments in which the discussed species were found suggests that all these forms must be considered as members of the marine plankton; perhaps all were chain-forming species like *D. Seminae* and *D. kamtschatica.*

For the better understanding of the diagnoses, the morphology of the *Denticula* valve may be discussed briefly here. At the same time the features which the species have in common will be pointed out. The *Denticula* valves have a relatively high mantle; the valve interior is chambered by fairly deeply penetrating transapical pseudosepta. In addition to these pseudosepta (in the strict sense) transapical wall



Text figure 1. Diagram to illustrate the structure of the pseudosepta A, secondary pseudosepta B, and septa C.

thickenings which do not penetrate very deeply, are found in certain species. Kanaya (1959, p. 112 ff.) already has described these structures, which he called "secondary pseudosepta". He distinguished between complete and incomplete secondary pseudosepta; but in this paper only the complete secondary pseudosepta *sensu* Kanaya, *i. e.* ribs running from one valve margin across the valve surface to the other margin, are referred to as secondary pseudosepta (Text fig. 1). They are situated between the pseudosepta proper and represent an important differential character, a fact which has not been realized by previous authors. Since the incomplete secondary pseudosepta (*sensu* Kanaya) are not true septa, they here are called marginal rib-like wall thickenings. In some cases such marginal ribs are present only on the valve mantle near which the raphe is located, whereas they may be missing on the opposite side, for example in *Denticula lauta.* If one sees a girdle view of such a specimen, it may give the impression that there are secondary pseudosepta present on one valve,

the other having only short marginal wall thickenings (see plate 1, figs. 5, 9, 10, also Kanaya, l. c., pl. 10, fig. 15). This might lead to the conclusion that the secondary pseudosepta are of no taxonomic importance. In reality, however, its appearance is the result of the diagonal symmetry of the cell, because the marginal raphae are — as in *Nitzschia* — located on diagonally opposite sides of the frustule. Similar phenomena may also be observed in girdle views of *Denticula Seminae* and *D. kamtschatica*, where the number of ribs is increased between the raphe and this nearest valve margin. The transapical striae are composed of variably fine puncta which are arranged in quincunx, thus forming oblique rows. With the exception of *D. kamtschatica*, these oblique rows are more widely separated from one another than are the transapical striae. The raphe is mostly situated on the valve edge; its position is not always constant, however. The inner canal openings almost always are visible, though often with difficulty. Oblique illumination (a darkfield condensor in combination with an oil immersion without iris diaphragm is best) is particularly recommended. The slit of the raphe could be observed only in a few cases; the central pores were not distinguishable on the investigated species. In the freshwater species *Denticula elegans* Kütz. and *D. thermalis* Kütz., the crossbars of the septa are separated in the middle by one suture. The forms discussed here are to be distinguished from these two species by the fact that each crossbar is connected with the septum at both ends, *i. e.* with two sutures. When isolated septa are seen, they have almost always lost their crossbars. These crossbars are bent in a groove-like manner, thus partly enclosing the pseudosepta of the valves; this results in the often misunderstood phenomenon of the "capitate ends" of the pseudosepta. The secondary pseudosepta are situated above the openings of the septa, between the crossbars.

A key for the identification of the species is given below. This will be followed by diagnoses of each form.

1a.	Valves with secondary pseudosepta	2
1b.	Secondary pseudosepta not present or only very near the ends	3
2a.	Rows of puncta distinct, about 30 in 10 μ	*D. Hustedtii*
2b.	Structure usually not visible, more than 40 striae in 10 μ	*D. Seminae*
3a.	Puncta very coarse, transpical striae about 16 in 10 μ	*D. nicobarica*
3b.	Structure much finer	4
4a.	Transapical striae about 25 in 10 μ, oblique rows distinct	*D. lauta*
4b.	Transapical striae delicate, more than 30 in 10 μ, oblique rows not visible	*D. kamtschatica*

Denticula lauta Bailey

Bailey, 1854, p. 9, figs. 1, 2. — Hanna, 1932, p. 188, pl. 11, fig. 1. — Kanaya, 1959, pl. 10, figs. 7—9, 15.

Synonyms: *Eunotia Sancti Antonii* Ehrenberg, 1854, pl. 33, XIII, figs. 9, 10. — *Denticula*? spec. Kanaya, l. c., p. 116, pl. 10, figs. 17—20.

Valves elliptical to linear-elliptical with bluntly rounded ends, 7.5—57 μ long, 4—7 μ wide. Pseudosepta about 4—5 in 10 μ, between them always a short rib-like wall thickening on the mantle at the side where the raphe is located; such wall thickenings may also be present on the opposite side. Secondary pseudosepta, when

present, only shortly before the ends, above the polar openings of the septa. Transapical striae 20—28 in 10 μ, punctate; puncta in decussate arrangement, thus forming oblique rows; oblique rows more distant than the transapical striae, 14—20 in 10 μ. Raphe marginal, inner canal openings 4—5 in 10 μ, one opening before each of the short marginal rib-like wall thickenings. Septa with 4—5 crossbars in 10 μ, each crossbar connedted with the septum by a suture a both ends. (pl. 1, figs. 1—10).

At both polar ends of the septa there is sometimes a more or less strongly developed solid, siliceous thickening which protrudes into the cell interior (pl. 1, figs. 6—10) If this thickening is very strongly developed, the pseudosepta of the valve usually penetrate the cell interior particularly deeply. This feature was also observed in *D. kamtschatica*.

Dr. G. D. Hanna was kind enough to give us a sample from the locality (No 9) from which Bailey and Ehrenberg most likely obtained their material. *D. lauta* is the most frequent species in this sample; only very few specimens of *D. Hustedtii* are present. Bailey's illustrations, particularly if the distance between the pseudosepta is considered, suggest that the specimens of Pinole and Bailey's form belong to one and the same species, *i. e. D. lauta*. Grunow's figures (V. H., Synopsis, pl. 49, figs. 1, 2), however, show very clearly that he was dealing with *D. Hustedtii*, because of the presence of secondary pseudosepta. — It is very doubtful that Bailey found his species in soundings near Kamschatka. More probably he dealt with *D. Seminae*, which is very abundant there in Recent sediments. In his original description, the transapical striae are not mentioned (in his drawings there are, in fact, apically directed striae!); most likely he did not see them. Ehrenberg (1872, p. 262, "*Denticella lauta* Bailey"), who received material from Bailey, also can have observed *D. Seminae* only. — Mills (1933—34, p. 579) combines *D. valida* (Pedicino) Grun. with *D. lauta*, but after communication of F. Hustedt *D. valida* is a separate species.

Denticula Hustedtii Simonsen et Kanaya, nov. spec.

Synonyms: *Denticula lauta*, Grunow in van Heurck, Synopsis, pl. 49, figs. 1, 2. — Wolle, 1894, pl. 46, fig. 10, pl. 68, figs. 16, 17. — Kanaya, 1959, p. 112, pl. 10, figs. 10—14.

Valves elliptical to linear-elliptical with bluntly rounded ends, 8—55 μ long, 3.5 to 9 μ wide. Pseudosepta about 2—4 in 10 μ, between them 1—3 secondary pseudosepta which do not penetrate very deeply. Transapical striae 30—32 in 10 μ, finely punctate; puncta in decussate arrangement, so that oblique rows are formed; oblique rows more distant than the transapical striae, 18—22 in 10 μ. Raphe marginal, inner canal openings 6—7 in 10 μ, one opening between every two pseudosepta. Septa with 2—4 crossbars in 10 μ, each crossbar connected with the septa by a suture at both ends. (pl. 1, figs. 19—25; fig. 19 Holotype from sample No. 23).

This species occurs in Miocene and Pliocene sediments of Japan and California. It must be assumed that many authors have referred this species as *D. lauta*, because of Grunow's misleading identification and illustration. The two species have probably been combined up to now. *D. Hustedtii*, however, can easily be separated from *D. lauta* by the presence of the secondary pseudosepta, which are never found in *D. lauta*. *D. Seminae*, which does have secondary pseudosepta, differs from *D. Hustedtii* by its much finer structure and the generally higher frequency of the speudosepta. The species is dedicated to Dr. F. Hustedt. Type in coll. Simonsen.

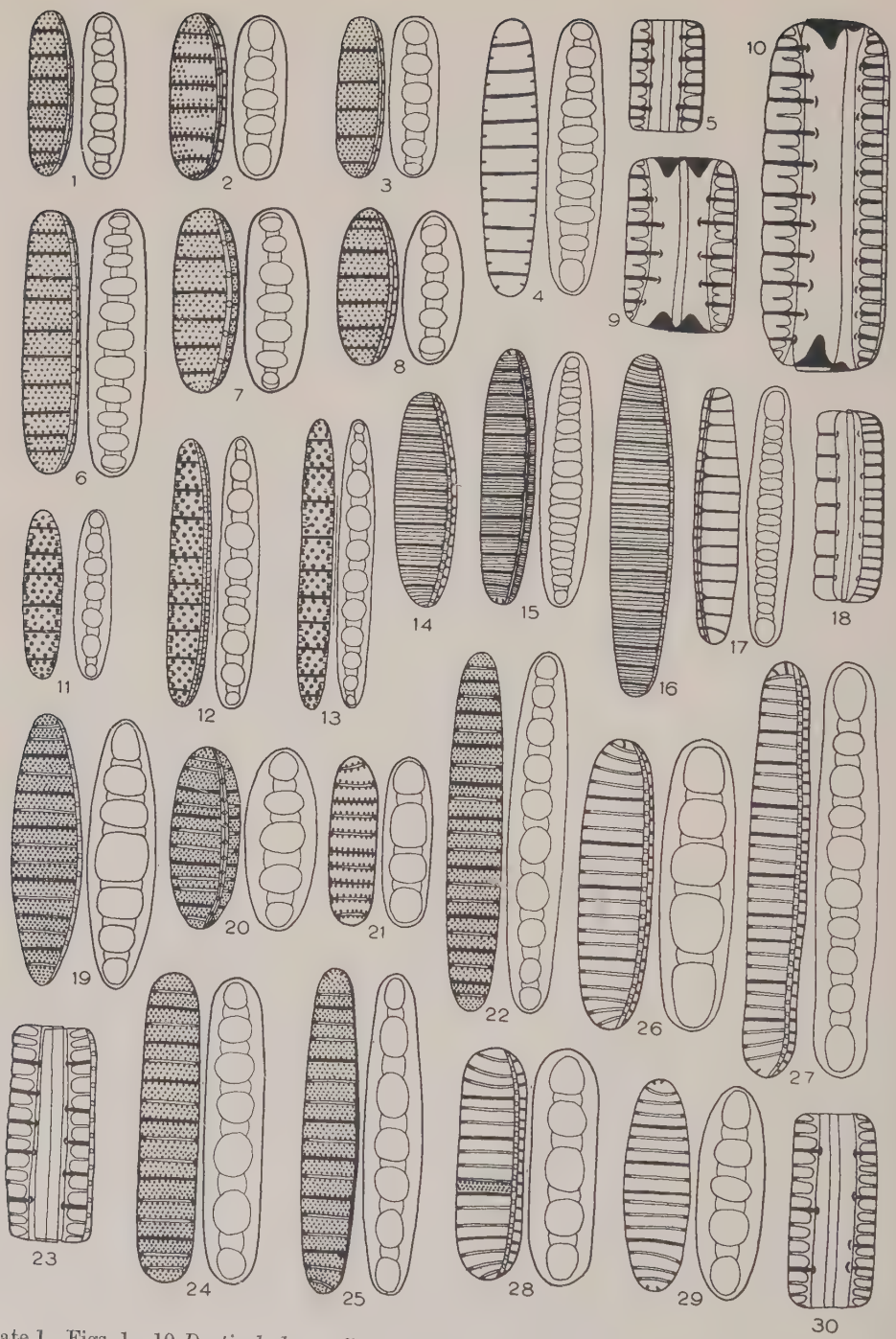


Plate 1. Figs. 1—10 *Denticula lauta*, figs. 1—5 from sample No. 4, figs. 6—10 from sample 45 (aerolation omitted in fig. 4). Figs. 11—13 *Denticula nicobarica* from sample 71. Figs. 14—18 *Denticula kamtschatica* from sample 70, the valve of fig. 17 from the inside. Figs. 19—25 *Denticula Hustedtii*, figs. 19—23 from sample 23, figs. 24, 25 from sample 45; fig. 19 Holotype. Figs. 26—30 *Denticula Seminae* from sample 72.
In all girdle views the raphe lies at the front edge of the right valve. Magnification 1500:1.
R. Simonsen ad. nat. del.

Denticula Seminae nov. nom.
Synonym: *Denticula marina* Semina, 1956, p. 82.

Valves linear to elliptical with sometimes protracted, broadly rounded ends, 10—60 μ long, 4—9 μ wide. Pseudosepta 3—4 in 10 μ, between them 1—4 secondary pseudosepta which do not penetrate the cell interior very deeply. By the addition of shorter marginal ribs and by the branching of the pseudosepta, the rib frequency between the raphe and its nearest valve margin increases to 8—10 in 10 μ. Transapical striae mostly not visible, 40 or more in 10 μ, very delicately punctate; puncta decussate, thus forming oblique rows; oblique rows more widely apart than the transapical striae, about 26 in 10 μ (mostly visible only in oblique light, however). Raphe marginal, inner canal openings 8—10 in 10 μ, one opening between every two of the marginal ribs. Septa with 3—4 crossbars in 10 μ, each crossbar connected with the septum by a suture at both ends (Pl. 1, figs. 26—30).

Semina's name had to be changed, because it has already been used for another species, *D. marina* Gregory (1857, p. 24) = *Dimerogramma marinum* (Greg.) Ralfs. Semina claims to have seen "striae" (8—10 in 10 μ!) in both her Latin and Russian diagnoses. She probably meant the marginal ribs, or perhaps the pseudosepta and the secondary pseudosepta. — Mann (1907, p. 319) mentions *D. nicobarica* as being "most plentiful" in a sounding from the Bering Sea. The correctness of his identification is highly questionable, since *D. nicobarica* is a species of the late Tertiary. Most likely he found *D. Seminae*.

Denticula nicobarica Grun.
Grunow, 1868, p. 97, pl. 1a, fig. 5. — *idem*, in van Heurck, Synopsis, pl. 49, fig. 3.

Valves narrowly linear to linear-elliptical with bluntly rounded ends, 10—32 μ long, 3.5—4.5 μ wide. Pseudosepta 4—5 in 10 μ, between them on the valve mantle short, rib-like wall thickenings which end on one side at the valve edge, on the other side at the raphe, about 16 in 10 μ. Secondary pseudosepta not present. Transapical striae about 16 in 10 μ, coarsely punctate; puncta in quincunx, so that oblique rows are formed; oblique rows more widely separated than the transapical rows, about 7 in 10 μ. Raphe marginal, inner canal openings 8—9 in 10 μ. Septa with 4—5 crossbars in 10 μ, each crossbar connected with the septum by a suture at both ends (Pl. 1, figs. 11—13).

We are very grateful to professor K. H. Rechinger and Mr. K. Fritz from the Naturhistorisches Museum in Vienna, Austria, for lending us the original slide of Grunow (Polycystine rock from Nankowri, Nicobar Islands) and for the permission to mount part of the material in Hyrax. — This species probably has the coarsest structure found in the genus *Denticula*. It is not likely to be confused with other forms, yet Kolbe's (1954, p. 37) mention of this species from the central Equatorial Pacific (541 cm below the bottom surface) should be checked.

Denticula kamtschatica Zabelina
Zabelina, 1934, p. 16, figs. 7—9. — Jousé, 1959, pl. 4, fig. 19.

Valves linear-elliptical with sometimes slightly protracted, broadly rounded ends, 9—35 μ long, 3—6.5 μ wide. Pseudosepta 5—6 in 10 μ; by the addition of shorter, marginal ribs and by the branching of the pseudosepta, the rib frequency between the raphe and its nearest valve margin is increased to 9—10 in 10 μ. Secondary pseudosepta, when present, only shortly before the ends, above the polar openings of the septa, never in the middle of the valve. Transapical striae mostly visible only in oblique illumination, 30—36 in 10 μ; the transapical striae are more widely separated

than the non-visible but probably existing oblique rows. Raphe marginal, inner canal openings 9—10 in 10 μ, one opening between every two marginal ribs. Septa with 5—6 crossbars in 10 μ, each crossbar connected with the septum by a suture at both ends (Pl. 1, figs. 14—18).

In contrast with other species the septa separate from the valves particularly easily, so that single valves are mostly found without them. In addition, they can be distinguished only with difficulty in girdle view. In a sample from the Japanese Pliocene, short chains of this species were observed.

3. Stratigraphic Distribution

The occurrences of the four Tertiary marine *Denticula* species, *D. lauta*, *D. Hustedtii*, *D. kamtschatica*, and *D. nicobarica*, in the samples studies are summarized in Table 1. The table shows in separate columns: the concentration of the diatoms in the samples (DC), the relative abundance of the genus *Denticula* in relation to the other diatoms (D), and the relative abundance of each *Denticula* species within the genus (L—K). The numbers at the left of the columns are the numbers of the samples whose geographic locations are shown on the index map 1.

Stratigraphic information for each sample is given in the appendix. This information includes: the names of the rock units from which the samples were taken, their locations, their positions in the rock units, and the basis of the age assignment according to evidence other than that of diatoms.

The ages of the California samples are indicated by the Foraminifera stages established by KLEINPELL (1938). These Foraminifera stages of California have been widely accepted by geologists and stratigraphers. Because diatomaceous rocks are usually associated with Foraminifera in stratigraphic sections, the Foraminifera stages serve as the best stratigraphic framework for evaluation of age relations of the diatom species. In Table 2, KLEINPELL's correlation (1938) of his Foraminifera stages with the European stages is given.

The samples range in age from Relizian (early ? Miocene) to Pliocene. It is obvious that the records available are still too fragmental to discuss the phylogenetic history of the genus *Denticula* in the entire Pacific region. Nevertheless, it is a fact that the genus, represented by at least four species during the late Tertiary in California, now has only one living representative, which is found in cold water plankton. No occurrence of marine *Denticula* has been recorded in the Cretaceous (HANNA, 1927, 1934; LONG et al., 1946) or in the Eocene (KANAYA, 1957). These facts suggest that the genus may be useful for correlation in Miocene and Pliocene strata.

The following discussion is concerned only with the species of *Denticula*. No attempt has been made to describe the changes in the compositions of the diatom assemblages accompanying *Denticula* through geologic time, or to discuss other diatom species some of which give promise of being even more useful than *Denticula* in stratigraphic correlation.

The earliest geologic records of *Denticula* in California are of late Relizian age, in the Temblor formation (1, 2), north of Caolinga, and in the Round Mountain silt (3—6) near Bakersfield. The genus is represented only by *Denticula lauta*. This is also true of one Luisian sample (7) from Newport Lagoon south of Los Angeles. All these samples are highly diatomaceous, and contain the species in varying degrees, from rare to dominant, relative to the other diatoms present.

No	Age	DC	D	L	H	N	K
22	PLIOCENE						
21	"		v.r	◑	◑		
20	"		v.r	◑	◔		⏲
19	"		v.r	⏲			●
18	"		v.r	◑	◑		
17	"		r		⏲		●
16	DELMONTIAN		v.r		●		
15	"		v.r		●		
14	"		v.r		◑	◔	
13	"						
23	"		a	○	●		
12	up. MOHNIAN						
11	" "		d		●		
10	" "		f.r	◔	◑		
8	" "		f	⏲	●		
9	low "		f	●	○		
7	LUISIAN		d	●			
6	RELIZIAN		r	●			
5	"		v.r	●			
4	"		c	●			
3	"		f.r	●			
2	"		f.r	●			
1	"		r	●			

Table 1

Stratigraphic distribution of Denticula in California

Column DC: Diatom contents

high — poor

moderate — no diatoms

fair

Column D: Abundance of Denticula

d = dominant — f.r = fairly rare

a. = abundant — r. = rare

f. = frequent — v.r. = very rare

Columns L-K: Relative abundance

Denticula lauta = L, D. hustedtii = H,
D. nicobarica = N, D. kamtschatica = K

● > 90% — ⏲ 10%

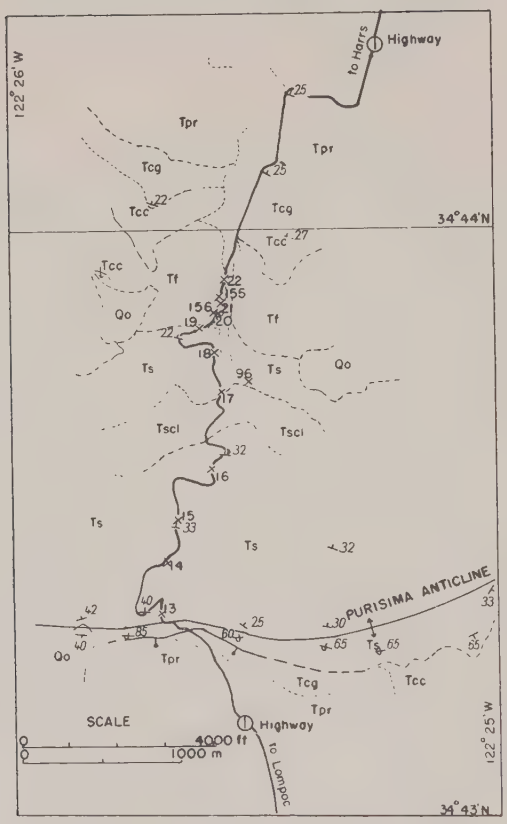
◑ > 50% — ○ < 5%

◔ 30%

Table 1. Stratigraphic distribution of *Denticula* in California. Index map 1. Locations of samples in California.

Index map 2

Location of samples in the western Purisima Hills



EXPLANATION

× 13-22 localities of diatom samples

× 96, 155, & 156 Foraminifera localities of Woodring & Bramlette (1950)

Geology: after Woodring & Bramlette (1950, pl. 1, sheet 4)

Qo: ORCUTT SAND

Tpr: PASO ROBLES FORMATION

Tcg: Graciosa coarse-grained member } CAREAGA SANDSTONE

Tcc: Cebada fine-grained member } CAREAGA SANDSTONE

Tf: FOXEN MUDSTONE

Ts: diatomite & diatomaceous mudstone } SISQUOC FORMATION

Tscl: clayey mudstone containing relative few diatoms } SISQUOC FORMATION

Table 2

Correlation of Californian Stages with European Stages (after Kleinpell, 1938)

Supposed equivalents in Europe		Middle Tertiary foraminiferal zones & stages of California		
SERIES	STAGE	STAGE		ZONE
MIOCENE or PLIOCENE	PONTIAN	"LOWER PLIOCENE"		
	SARMATIAN	DELMONTIAN	Upper	
			Lower	*Bolivina obliqua* zone
MIOCENE	TORTONIAN	MOHNIAN	Upper	*Bolivina hughesi* zone
			Lower	*Bulimina uvigerinaformis* zone
				Bolivina modeloensis zone
	HELVETIAN	LUISIAN	Upper	*Siphogenerina collomi* zone
				Siphogenerina nuciformis zone
			Lower	*Siphogenerina reedi* zone
	BURDIGARIAN (LANGHIAN)	RELIZIAN	Upper	*Siphogenerina branneri* zone
			Lower	*Siphogenerina hughesi* zone
OLIGOCENE	AQUITANIAN (CHATTIAN?)	SAUCESIAN	Upper	*Uvigerinella obesa* zone
			Lower	*Plectofrondicularia miocenica* zone
				Siphogenerina transversa zone
	RUPELIAN	ZEMORRIAN	Upper	*Uvigerinella sparsicostata* zone
			Lower	*Uvigerina gallowayi* zone
	TONGRIAN	REFUGIAN		

Table 2. Correlation of Californian stages with European stages (after Kleinpell, 1938). Index map 2. Locations of samples in the western Purisima Hills.

The lower Mohnian sample (9) is from the Tice shale at Pinole near San Francisco. *Denticula Hustedtii* is present, but *D. lauta* is predominant. In order to eliminate the possibility of a difference in geographical range, a lower Mohnian sample from the east side of Newport Lagoon was examined. Here also, *Denticula Hustedtii* is present with *D. lauta*, the latter predominating. This sample is not included in Table 1.

Of the four upper Mohnian samples, two are from the Los Angeles Basin, from the Valmonte diatomite member of the Monterey formation in Palos Verdes Hills (10), and from Newport (8). The others (11, 12) are from the Monterey formation in Lompoc, 125 miles northwest of Los Angeles. All the samples contain a greater than moderate number of diatoms, but one (12) lacks *Denticula*. A feature common to the three samples containing *Denticula* is that *Denticula Hustedtii* predominates over *D. lauta*. The latter, as was mentioned, is the main element in the samples lower than the upper Mohnian. The lower (11) of the two samples from Lompoc, which is from the horizon 200—300 ft below the 1000 feet of diatomite being quarried, lacks *Denticula lauta*; the higher one (12), from immediately below the thick diatomite, is barren of *Denticula*, although it is highly diatomaceous. Several samples collected in the quarry at about 300 feet above the base of the thick diatomite also lack *Denticula*.

A composite of Delmontian samples (23) collected from the Monterey formation east of Delmonte is moderately to highly diatomaceous. It contains *Denticula* abundantly with *Denticula Hustedtii* greatly predominating over *D. lauta*.

A series of 10 samples (13—22) was collected in the western Purisima Hills, north of Lompoc. As shown on Index map 2, the series covers a section extending from the exposed base of the Sisquoc formation to the lower part of the overlying Foxen mudstone. A characteristic of the samples of the Sisquoc part is that, despite the fact that they are moderately to highly diatomaceous (except for 13 which is composed of porcelaneous mudstone and lacks diatoms), *Denticula* is rare. In sample 17, *Denticula kamtschatica* first appears and predominates over *Denticula Hustedtii*. *Denticula kamtschatica* is also found in sample 19 from the top of the Sisquoc and in sample 20 from the basal part of the Foxen, although the species is absent in the intermediate sample 18.

Thus, the samples taken in sequence from the Sisquoc formation in the western Purisima Hills can be divided into two groups: samples 14—16 and samples 17—19, on the basis of the first appearance of *Denticula kamtschatica*. It is interesting to note that sample 17 is approximately at the horizon (see appendix and index map 2) where appear "Foraminifera from the upper few hundred feet of the basin facies (of Sisquoc)" (Woodring and Bramlette, 1950, p. 34), which are similar to the basal Foxen Foraminifera.

The basal part of the Foxen mudstone (20, 21) is poorly diatomaceous, and *Denticula* is very rare relative to the other diatoms. However, *Denticula lauta*, which is absent in the samples from the middle and lower part of the Sisquoc in this section, occurs there with *Denticula Hustedtii*.

Denticula nicobarica is found in sample 14 of the Sisquoc formation but does not occur in the other California samples studied.

From the information given above, the occurrences of *Denticula* which are of stratigraphic importance may be summarized as follows:

1. In the Relizian and Luisian samples, only one species, *Denticula lauta*, represents the genus.

2. *Denticula Hustedtii* first appeared in California during the early Mohnian and dominates *D. lauta* throughout the late Mohnian and Delmontian.

3. The appearance of *Denticula kamtschatica* in the western Purisima Hills coincided with the appearance of a post-Delmontian foraminiferal fauna (upper part of the Sisquoc formation, Pliocene in age, see appendix).

Denticula Seminae was not found in the Miocene and Pliocene samples studied. Joués reports that this species (referred to *Denticula marina* Semina) is distributed widely in the bottom sediments of the Sea of Okhotsk (1957) and in the northwest part of the Bering Sea (1960, p. 179), and that it first appeared in the Quaternary (1959, table 1). It is still living, and Semina (1958, table 1, referred to *Denticula marina*) considers that it is a pelagic species in the arcto-boreal water masses.

According to Kanaya's unpublished data, *Denticula Seminae* is widely distributed in the uppermost layers of the bottom sediments in the higher latitudes of the eastern Pacific, north of the line connecting 40°N. Lat., 160°W. Long. and 43°N. Lat., 130°W. Long. The relative abundance of the species is consistently greater than 20%. North of the line connecting 43° N. Lat., 170° W. Long. and 50° N. Lat., 135° W. Long., the species occurs at even higher percentages (50% or more). South of the 40° N. Lat., 160° W. Long. — 43° N. Lat., 130° W. Long. line, the species becomes rare (less than 3%), and it is absent in the east Pacific south of 30° N. Lat.

A piston core (Mukluk BP 19: 50° N. Lat., 147°50′ W. Long.: depth 4560 m) taken by a vessel of the Sripps Institution of Oceanography contains *Denticula Seminae* throughout its length, 850 cm, but no other *Denticula* species was found.

4. Appendix

The following Californian samples have been studied for this paper:

Oil Canyon, north of Caolinga, Fresno County, California

Nos. 1 and 2. Two samples, upper Relizian in age, were collected at outcrops of the „Indicator bed" of the Temblor sandstone exposed at SW ¼, Sec. 20, T. 19 S., R. 15 E., M. D. B. M. (see Reed, 1933, p. 174, fig. 30). Woodring *et al.* (1940) discuss the stratigraphy of the area in connection with sections penetrated by wells at the North Dome of Kettleman Hills. This section of the Temblor sandstone has also been described as being "on the south slope of Anticline Ridge, northwest of the Kettleman Hills, near Phoenix Canyon, which enters Oil Canyon in the southern part of Sec. 20, T. 19 S., R. 15 E." (Woodring et al., p. 133). They describe the "Indicator bed" as follows: "Pale chocolate brown to white laminated punky diatomite. 39 feet thick." The "Indicator bed" is overlain by the upper sandstone of the Temblor, 90 feet thick, which underlies the Big Blue serpentinous member, approximately 60 feet thick (*ibid.*)

With due consideration to the overlying and underlying strata, Woodring *et. al.* conclude that the diatom-bearing "Indicator bed" has the same stratigraphic position as the 600-foot shale of well sections of the North Dome of the Kettleman Hills, and as the Gould shale member of the Monterey formation on Chico Martinez Creek in the Temblor Range, 40 miles southeast of the Kettleman Hills (*ibid.*, p. 125; p. 144). By means of Foraminifera, Kleinpell correlated the 600-foot shale with the Gould shale (*ibid.*, p. 137), which is the *Siphogerina branneri* zone, upper Relizian (*ibid.*, p. 147).

Sharktooth Hill, Kern County, California

No. 3. Diatomite, Round Mountain Silt, upper Relizian. From the base of cliff, south side of Alfred Harrel Highway near east side of Hart Memorial Park, near central point of east side of SW ¼, sec. 36, T. 28 S., R. 28 E., M. D. B. M.

No. 4. Diatomite, Round Mountain Silt, upper Relizian. From the same locality as No. 5, 3 to 5 feet below No. 5.

No. 5. Diatomite, Round Mountain Silt, upper Relizian. From the top of diatomite horizon. SE side of Sharktooth Hill, Sec. 25, T. 28 S., R. 28 E., M. D. B. M., 125 feet below the bone bed. The same locality as C. A. S. loc. 1068 (Hanna, 1932, p. 167).

No. 6. Diatomite, Round Mountain Silt, upper Relizian. From a road cut south side of Alfred Harrel Highway, ½ to ¾ miles SE of Hart Memorial Park, center of north line of SE. ¼, Sec. 6, T. 29 S., R. 29 E., M. D. B. M. Nos. 3—6 collected by C. C. Church.

The highly diatomaceous strata at Sharktooth Hill described by Hanna (1930, 1932) are in the upper part of the Round Mt. Silt of current nomenclature (see Bramlette, 1946, pl. 3; Keen, 1943). Hanna observed at Sharktooth Hill that a pale-buff impure diatomite underlies the bone bed (the base of Anderson's Temblor C zone) with 30 feet of brown sandy shale between; he mentions the presence of *Valvulinera* in the brown sandy shale; the exposed thickness of impure diatomite was measured to be 75 to 100 feet (Hanna, 1930, p. 72; 1932, p. 162). Mandra (1960, p. 78) records Foraminifera from immediately above the diatomite at the same locality (100 feet below the "Bone Bed"). This part of the section, therefore, seems to constitute a part of Hanna's "impure diatomite". R. W. Kleinpell is quoted by Mandra as saying that the foraminiferal assemblage is of "uppermost Upper Relizian; almost, but not quite, Luisian".

Of the four samples studied, Nos. 4 and 5 are from the Sharktooth Hill locality of Hanna (1932, p. 167, locality 1068); Nos. 3 and 6 are from localities at the south side of the Kern River, in the same vicinity. According to C. C. Church (personal communication), Nos. 4, 5, and 6 are from a horizon 100 to 120 feet below the bone bed; No. 3 is from a horizon 50 to 75 feet below that of the other three.

Newport Lagoon, Orange County, California

No. 7. U. S. G. S. Mf. 232, Newport Lagoon, pumiceous diatomaceous mudstone, Luisian. East side of Newport Lagoon, by Palisades Road, approximately 5100 feet (1530 m) NNE of Highway 101 Palisades Road junction (for index map, see Natland and Rothwell, 1954, p. 36, fig. 3).

No. 8. U. S. G. S. Mf. 221, Newport Lagoon, silty diatomaceous mudstone, upper Mohnian. West side of Newport Lagoon, the most northerly of the central upper Mohnian localities shown on Natland and Rothwell's index map.

A sample of the lower Mohnian diatomaceous mudstone from the east side of the Lagoon was also studied. The writers assume that it is from the lower Mohnian locality shown on Natland and Rothwell's index map. These three samples were collected by P. Smith.

Pinole, Contra Costa County, California

No. 9. C. A. S. locality 1693. Diatomaceous shale, from Tice shale (G. D. Hanna, personal communication), lower Mohnian (Kleinpell, p. 62, p. 129). The locality is listed at the California Academy of Sciences as follows: "Large road cut on the old highway through Pinole. . . . Material collected from 10 feet below surface, top of exposure or south end. The road cut is at the south end of Pinole, that is, about two blocks from center of town". Collected by G. D. Hanna and J. L. Nicolson, 1929. Approximately 38°0′20″ N. Lat., 122°17′ W. Long.

The writers follow Hanna (1932, p. 189; 1936, p. 111) in assuming that Bailey's "Suisun Bay" and Ehrenberg's "San Francisco Bay" collections were obtained from the Tice shale exposed in Pinole, south side of San Pablo Bay (Weaver, 1949, pl. 11, The Maria Island Quad.).

Palos Verdes Hills, Los Angeles County, California

No. 10. Silty diatomite, Valmonte Diatomite member of the Monterey formation: upper Mohnian. From a highway exposure north of Rolling Hills. Approximately 33°46′40″ N. Lat., 118°20′45″ W. Long. For the stratigraphy and age of the member see Woodring *et al.* (1946).

Lompoc, Santa Barbara County, California

No. 11. Fluffy diatomite interbedded with porcelaneous mudstone to form thick-bedded alternations, Monterey formation. At west side of the railway cutting leading to Johns Man-

ville's quarry. 3 km directly south of the junction of Highway 150 (Ocean Avenue in Lompoc) and Highway 1. Approximately 34°36′12″ N. Lat., 120°27′30″ W. Long. 450 m NWW of No. 12.

No. 12. Diatomaceous mudstone interbedded with porcelaneous shale and chert immediately north of the gate of Johns Manville Co. Diatomite Quarry, on the east side of the road from Lompoc. At the contact of the Sisquoc formation and the upper Monterey formation of DIBBLEE (1950, pl. 1).

No. 12 represents the uppermost part of the alternating zone of diatomaceous and cherty rocks (1000 feet thick) which underlies 1000 feet of diatomite exposed at Johns Manville's quarry (BRAMLETTE, 1946, p. 14; WOODRING and BRAMLETTE, 1950, p. 101). No. 11 is 60–75 m (200—300 feet) below No. 12. Both samples are considered to be of late Mohnian age (BRAMLETTE, 1946, pl. 2; WOODRING and BRAMLETTE, 1950, p. 101). Several diatomite samples also were collected in the quarry at a horizon about 300 feet above the base of the main diatomite unit.

Western Purisima Hills, Santa Barbara County, California

A series of 10 samples was collected in the western Purisima Hills along Highway 1 between Lompoc and Harris. Seven Samples are from the basin facies of the Sisquoc formation, 3000 feet thick (WOODRING and BRAMLETTE, 1950, pl. 4); three are from the lower part of the Foxen mudstone (*ibid.*, 1950, pl. 5). Index map 2 indicates the location of the samples. The stratigraphic positions of the samples given in the following descriptions were estimated by plotting their localities on the columnar sections given by WOODRING and BRAMLETTE (*ibid.*).

No. 13. Porcelaneous mudstone, Sisquoc formation, about 250 feet from the exposed base of the farmation in the western Purisima Hills, Delmontian.

No. 14. Diatomaceous mudstone, Sisquoc formation, about 450 feet above No. 13, Delmontian.

No. 15. Massive diatomite, Sisquoc formation, about 300 feet above No. 14, Delmontian.

No. 16. Massive diatomite, Sisquoc formation, about 400 feet above No. 15, Delmontian.

No. 17. Silty diatomite, Sisquoc formation, about 850 feet above No. 16. Less than 50 feet above the zone of clay mudstone containing relatively few diatoms; about 700 feet below the top of the Sisquoc formation of this section. The locality is approximately at the same horizon as locality 96 of WOODRING and BRAMLETTE (1950, pl. 1, sheet 4). Post-Delmontian (Pliocene in the present paper).

No. 18. Diatomaceous mudstone, Sisquoc formation, about 350 feet above No. 17; about 350 feet below the top of the Sisquoc formation. Post-Delmontian (Pliocene in the present paper).

No. 19. Diatomaceous mudstone, within the uppermost 50 feet of the Sisquoc formation; about 300 feet above No. 18. Post-Delmontian (Pliocene in the present paper).

No. 20. Mudstone with few diatoms, within the lower 100 feet of the Foxen mudstone; to be assumed about the same horizon as loc. 156a of WOODRING and BRAMLETTE (1950, p. 140, p. 40). Pliocene.

No. 21. Mudstone with few diatoms, Foxen mudstone, about 100 feet above No. 20; assumed to be at about the same horizon as loc. 155 of WOODRING and BRAMLETTE (1950, *ibid.*). Pliocene.

No. 22. Silty mudstone with very few diatom fragments, above No. 21; within 250 feet of the base of the Foxen mudstone. Pliocene.

According to WOODRING and BRAMLETTE (1950, p. 34), Foraminifera from the lower and middle parts of the basin facies of the Sisquoc formation represent the *Bolivina oblidua* zone; Foraminifera from the upper few hundred feet of the basin facies are similar to those in the basal part of the overlying Foxen mudstone. They also state that "the lower and middle parts of the basin facies of the Sisquoc formation contain Foraminifera of Miocene affinities, and a few megafossils that have Pliocene affinities, and the upper part has Foraminifera of undetermined age relations and megafossils that are considered middle Pliocene. In view of these relations, the basin facies is considered of late Miocene to middle Pliocene age." (*ibid.*, p. 101).

M. N. Bramlette (personal communication) considers that the Foraminifera at loc. 96 of Woodring and Bramlette (1950, list facing p. 35) are what they believed to represent the upper part of the basin facies of the Sisquoc formation (*ibid.*, p. 34). Sample 17 of the present report (Index map 2) is judged to be approximately from the same stratigraphic horizon as their loc. 96.

Woodring and Bramlette found an intermediate foraminiferal fauna between the *Bolivina hughesi* zone (upper Mohnian) and the *Bolivina obliqua* zone (Delmontian) in the Todos Santos claystone member of the Sisquoc formation, in the Casmalía Hills. They believe it preferable to assign the intermediate fauna to the lower Delmontian and the *Bolivina obliqua* zone to the upper Delmontian (*ibid.*, p. 100), because the same intermediate fauna was found "in about 1000 feet of strata between the *Bolivina hughesi* zone proper and *Bolivina obliqua* zone in their type regions on the north slope of the Santa Monica Mountains". Although the samples Nos. 13 to 16 of the Sisquoc formation are barren of Foraminifera, they are tentatively assigned to the Delmontian. Sample No. 17 and those from the upper horizons (Nos. 18, 19) are considered to be of post-Delmontian age. Thus, according to the interpretation of Woodring and Bramlette (1950), they are of Pliocene age, together with those from the overlying Foxen mudstone (Nos. 20—22).

Del Monte, Monterey County, California

No. 23. Four samples collected from a section about 30 feet thick in an old diatomite quarry 1.2 km south, 0.5 km east of the intersection of 36°35′ N. Lat., 121°50′ W. Long. (Galliher, 1932, pl. II, "former plant of Del Monte Product Co., a diatom quarry"). The lithology, Foraminifera, and diatoms at this locality are discussed by Hanna (1928). The zone of more or les pure diatomite, from which the collection was made, contains only Foraminifera moulds, but grades downward into silty diatomaceous mudstone which contains Foraminifera. Galliher's (1932, p. 22, fig. 3) diatomaceous member (the uppermost member) of the Monterey formation is 500—800 feet thick in this area. Exactly which part of this member is represented by the present collection is unknown. Nevertheless, it is from the lower part and is Delmontian in age (Kleinpell, 1938, Table V, p. 131, and Fig. 13; Bramlette, 1946, p. 5, pl. 2).

Samples from miscellaneous localities included in this paper:

No. 71. „Polycystinen Gestein vom Strand der Insel Nancoori, mit Bohrlöchern". Grunow's Collection 793/6, collected by Frauenfeld on the Novara Expedition. No information is available concerning the age of the sample. Kolbe (1954, p. 19) considered it to be of Pliocene age.

No. 72. Chinook—8 (0—4 cm). Diatom ooze from the uppermost layer of a gravity core; Recent. 53°01,5′ N. Lat., 176°15′ W. Long., Bering Sea; depth 3660 m.

No. 45. Diatomite, Gamanosawa formation, middle Miocene. The Gamanosawa formation is 350 m thick, a correlative of the Onnagawa formation of Oga Peninsula, Akita-ken, Japan (see Kanaya, 1959, table 1). The sample was from the top of the Gamanosawa formation west of Sunagomata, near junction on road to Gamanosawa, Shimokita-gun, Aomori-ken, Japan; approximately 41°10′37″ N. Lat., 141°21′ E. Long.; collected by R. Imaizumi.

No. 70. JEDS-2-S_2. A carbonaceous nodule dredged by a Japanese deep-sea expedition at 38°16.2′ N. Lat., 143°11.8′ E. Long.; depth 2330 m. The Pacific side of the Honshu island, off Onagawa. According to A. Ijima who placed the material at Kanaya's disposal, the nodule appears to be from the bed rock. Diatoms contained suggest the Pliocene age.

Acknowledgements

Generous assistance, by providing the authors with information and material from California, was given by G. D. Hanna, California Academy of Sciences, C. C. Church, W. W. Wornardt, Jr., University of California, and R. W. Holmes, Scripps Institution of Oceanography. We gratefully appreciate information and samples from Japan, given by T. Kotaka and R. Imaizumi, Tohoku University, S. Murai, Iwate University, S. Imanishi, Kumamoto

University, S. Komura, Japan Petroleum Exploration Co., and A. Iijima, Universsity of Tokyo. We are also greatly indebted to Dr. M. N. Bramlette and Miss F. L. Parker of the Scripps Institution of Oceanography for valuable suggestions and for their critical reading of the manuscript.

The present investigation was carried out at the Scripps Institution of Oceanography. It was supported by the National Science Foundation, U. S. A. (Kanaya) and by the Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, Germany (Simonsen).

References

Bailey, J. W., 1854: Notes on new species and localities of microscopical organisms. Smithsonian Contrib. Knowledge **7**, 1—15.

1856: Notice of microscopic forms found in the soundings of the Sea of Kamtschatka. Amer. J. Science, 2nd. ser. **22**, 1—6.

Bramlette, M. N., 1946: The Monterey formation of California and the origin of its siliceous rocks. U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 212, 1—55.

Dibblee, T. W., Jr., 1950: Geology of southwestern Santa Barbara County, California. State of Calif., Div. of Mines, Bull. 150, 1—95.

Ehrenberg, C. G., 1854: Mikrogeologie. Leipzig.

1872: Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meeres-Tiefgründe aller Zonen und dessen geologischen Einfluß. Abh. K. Akad. Wiss. Berlin, 1873, p. 131—398.

Galliher, E. W., 1932: Geology and physical properties of building stone from the Carmel Valley, California. State of Calif., Div. of Mines, Mining in Calif., **28**, 14—41.

Grunow, A., 1868: Reise Seiner Majestät Fregatte „Novara" um die Erde. Botan. Teil, vol. 1, Algen.

Gregory, W., 1857: On new forms of marine Diatomaceae, found in the Firth of Clyde and in Loch Finde. Transact. R. Soc. Edinburgh **21**, pt. 4.

Hanna, G. D., 1927: Cretaceous diatoms from California. California Acad. Sci., Occas. Pap. **8**, 5—39.

1928: The Monterey shale of California at its type locality with a summary of its fauna and flora. Amer. Assoc. Petrol. Geol. **12**, 969—983.

1930: Geology of Sharktooth Hill, Kern County, California. Proc. Calif. Acad. Sciences, 4th ser., **19**, 65—83.

1932: The Diatoms of Sharktooth Hill, Kern County, California. ibidem **20**, 161—263.

1934: Additional notes on diatoms from the Cretaceous of California. J. of Paleont. **8**, 352—355.

1936: Notes on localities of fossil diatoms in California. Soc. Française Microscopie **5**, 109—111.

Hustedt, F., 1927: Fossile Bacillariaceen aus dem Loa-Becken in der Atacama-Wüste, Chile. Arch. f. Hydrobiol. **18**, 224—251.

Жузе, А. П., 1957: Диатомовые в поверхностном слое осадков Охотского Моря. Труды Инст. Океанол **22**, 164—219.

(Jousé, A. P., 1957: Diatoms in the bottom surface deposits of the Sea of Okhotsk. Trudy Inst. Oceanol. Acad. Sci. U. S. S. R. **22**, 164—219).

1959: Основные этапы развития флоры морских Диатомовых Водорослей (Diatomeae) на дальнем востоке в Третичном и Четвертичном Периодах. Ботанич. Журнал **44**, 44—55.

(Jousé, 1959: The main phases in the development of the flora of marine diatoms in the Far Eastern seas of the U. S. S. R. at the end of the Tertiary, and during the Quarternary. Botan. J. Acad. Sci. U. S. S. R. **44**, 44—55).

1960: Диатомовые в поверхностном слое осадков Берингова моря. Труды Инст. Океанол. **32**, 171—205.

(Jousé, 1960: Diatoms in the surface layer of the Bering Sea sediments. Trudy Inst. Oceanol. Acad. Sci. U. S. S. R. **32**, 171—205.)

Kanaya, T., 1957: Eocene diatom assemblages from the Kellogg and „Sidney" shales, Mt. Diablo area, California. Sci. Rep. Tohoku Univ., Sendai, 2nd ser. (Geol.), **28**, 27—124.

– 1959: Miocene diatom assemblages from the Onnagawa formation and their distribution in the correlative formations in northeast Japan. Ibidem **30**, 1—130.

Keen, M. A., 1943: New mollusks from the Round Mountain Silt (Temblor) Miocene of California. San Diego Soc. Nat. Histor. **10**, 25—60.

Kleinpell, R. M., 1938: Miocene stratigraphy of California. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Okla.

Kolbe, R. W., 1954: Diatoms from Equatorial Pacific cores. Rep. Swedish Deep-Sea Exp. **6**, 1—49.

Long, J. A., Fuge, D. P., and J. Smith, 1946: Diatoms from the Moreno shale. J. Paleont. **20**, 89—118.

Mandra, Y. T., 1960: Fossil silicoflagellates from California, U. S. A. Internat. Geol. Congress, 21. Session, pt. 6, 77—89.

Mann, A., 1907: Report on the diatoms of the Albatros voyages in the Pacific Ocean, 1888 — 1904. Contrib. U. S. Nat. Herbar. **10**, 215—419.

Mills, F. W., 1933—34: An index to the genera and species of the Diatomaceae. London.

Natland, M. L., and W. T. Rothwell, 1954: Fossil Foraminifera of the Los Angeles and Ventura Regions, California. State of Calif., Div. of Mines, Bull. 170, Chap. 3, 33—42.

Reed, R. D., 1933: Geology of California. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Okla. 355 pp.

Semina, G. J., 1956: De specie nova generis *Denticula* Ktz. notula. Notul. systemat. e sect. cryptogam. Inst. Botan. nomine V. L. Komarovii Acad. Scient. URRS **11**, 82—84.

Семина, Г. И., 1958: Связь фитогеографических зон в пелагиали северо-западной части Тихого Океана с распределением водныйх масс в этом районе. Труды Института Океанол. **27**, 66—76.

(Semina G.J., 1958: Relations between phytogeographic zones in the pelagial of the northwestern part of the Pacific Ocean with the distribution of water masses in the region. Trudy Inst. Oceanol. Acad. Sci. U. S. S. R. **27**, 66—76.)

van Heurck, H. F., 1880—1885: Synopsis des Diatomées de Belgique. Anvers.

Weaver, C. E., 1949: Geology of the coast ranges immediately north of the San Francisco Bay region, California. Geol. Soc. Amer., Mem. 35. 355 pp.

Wolle, F., 1894: Diatomaceae of North America. Bethlehem, Pa.

Woodring, W. P., Stewart, R., and R. W. Richard, 1940: Geology of the Kettleman Hills Oil Field, California. Stratigraphy, Paleontology and structure. U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 195., 170 pp.

Woodring, W. P., Bramlette, M. N., and Kew, W. S. W., 1946: Geology and Paleontology of Palos Verdes Hills, California. Ibidem 207, 145 pp.

Woodring, W. P., and M. N. Bramlette, 1950: Geology and paleontology of the Santa Maria District, California. Ibidem 222, 142 pp.

Забелина, М. М., 1934: Диатомовые водоросли Третичных отложений восточн побережья Камчатки. Труды Нефтян. Н.-И.-геол.-развед. инст., сер. А **48**, 3—19.

(Zabelina, M. M., 1934: Diatoms from the Tertiary deposits of the eastern coast of Kamtchatka Transact. Oil. Geol. Institute, Ser. A, Ed. 48, 3—19.)

Dr. Reimer Simonsen
Institut für Meereskunde Kiel,
Hohenbergstr. 2, Germany
Dr. Taro Kanaya
Scripps Institution of Oceanography La Jolla, California,
U.S.A.

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	514—541

Rheumatoid Diseases Study Group and Department of Microbiology New York University School of Medicin; and Academy of Natural Sciences, Philadelphia

George Claus

Contributions to the Knowledge of the Blue-Green Algae of the Salzlackengebiet in Austria[1])

Contents

Chroococcales 515
Chroococcaceae 515
Hormogonales 515
Rivulariaceae 515
Nostocaceae 518
Oscillatoriacea 520
Concluding remarks 537
Bibliography 539

In the summer of 1958 Prof. Karl Höfler of Vienna sent the author seven samples of living algae from the Salzlackengebiet of Burgenland (Austria). The samples sent by airmail did not arrive in the best condition probably due to the warm temperature. In order to make proper determinations of the blue-green algae it was necessary to cultur the samples.

My identifications are thus based partly on the original material worked over immediately after their arrival, partly on the forms cultured from Prof. Höfler's material. Because my task was to identify only the blue-green algae. other forms observed were not included in the list below. A total of 60 species or lower categories were found, 9 of which are new to science.

During the last few years several works appeared concerning the flora and fauna of the Salzlackengebiet (Hustedt, 1959c, Löffler, 1957, 1959, Höfler et Fetzmann 1959).

The locations of the collected material treated in this paper can be found on the sketch published in Löffler's work (1959). The numbers used in this paper to designate the collections are equal to the following ones employed by Löffler (1959) and Hustedt (1959c).

No. 3: *Enteromorpha*-Graben, about 1 km east from Apetlon.

No. 7: Southern part of Fuchslochlacke. Floating pads amongst *Puccinellia* = No. 26 in Löffler (1959) and Hustedt (1959c).

No. 9: Small pond infront of the „Unterer Stinker". Brownish-red deposit = No. 54 (ibid.).

No. 12: Unterer Stinker. Tufts of Oscillatoriaceae. = No. 36 (ibid.).

[1]) This study was supported by a grant from the U. S. Public Health Service No. A-2360 (C 2).

No. 14: Albersee. Tufts of Oscillatoriaceae. = No. 39 (ibid.).
No. 15: Albersee. Deposit. = No. 39 (ibid.).
No. 15c: Albersee. = No. 39 (ibid.).

The systematic enumeration of the determined forms is as follows: (the numbers after the name of the organism are identical with that of the collecting vials.) In Table I. the taxa are enumerated in alphabetical order and their occurrences are noted in the samples.

Chroococcales[1]) [2])

Chroococcaceae

1.	*Microcystis marginata* (Menegh.) Kütz.	15c.
2.	*Microcystis flos-aquae* (Wittr.) Kirchn.	15c.
3.	*Microcystis holsatica* Lemm.	12, 15c.
4.	*Aphanothece pallida* (Kütz.) Rabh.	3.
5.	*Chroococcus turgidus* (Kütz.) Naeg.	3, 14.
6.	*Chroococcus minutus* (Kütz.) Naeg.	7, 9.
7.	*Gomphosphaeria lacustris* Chodat.	15c.
8.	*Gomphosphaeria aponina* Kütz.	14, 15c.
9.	*Coelosphaerium pallidum* Lemm.	14.
10.	*Coelosphaerium kützingianum* Naeg.	15c.
11.	*Synechococcus aeruginosus* Naeg.	15.

Hormogonales

Rivulariaceae

12. *Calothrix brevissima* G. S. West. 3.

Filaments epiphytic on *Cladophora*, very short: 23—55 μ long, 4.5—6 μ wide, not or very slightly tapering towards the end. Sheath firm, narrow, $\pm$ cylindrical, colorless; blue coloration with chlor zinc iodide. Trichomes short: 16—50 μ long, only very slightly tapering towards the end, or not tapering at all, with conically rounded ends, at the crosswalls constricted; dark olive green. Cells at the base 3—5 μ wide, shorter than wide, 1.5—2 μ long; at the ends 1—1.5 μ long. End cell conically rounded; no hair formed. Heterocysts basal, solitary, $\pm$ spherical with a diameter of 2.5—4 μ (Fig. 1, 1a).

According to Geitler (1932. p. 624.) „Epiphytisch auf alten Pflanzenstengeln in Victoria-Nyanza-See, Africa. — Vermutlich nur ein Jugendstadium; wäre am besten zu streichen." I cannot agree with Geitler that this species is a juvenile

[1]) I did not follow the corresponding part of the newest American system of the coccoid blue-green algae — published by Drouet and Daily (1956) because the species' conception of these authors is still debated and in my opinion the system proposed by Geitler (1932) — by taking into consideration the newer results of Hollerbach et al. (1953) and Skuja (1948, 1956) is even today the most satisfactory system available for the determination of the blue-green algae.

[2]) For the same reason I did not use *Diplocystis* Trevis, the name preferred by Komarek, (1958, p. 46) instead of *Microcystis*. Even the author himself is in favor of using *Microcystis*, which should become a „nomen conservandum" (p. 47).

Table I

Name of Organism	Numbers of Samples						
	3	7	9	12	14	15	15c
Anabaena minutissima LEMM.	+						
Anabaena sp. (sterile)	+						
Anabaenopsis raciborskii WOŁOSZ.							
Aphanothece pallida (KÜTZ.) RABENH.	+						
Calothrix brevissima G. S. WEST	+						
Chroococcus minutus (KÜTZ.) NAEG.		+	+				
Chroococcus turgidus (KÜTZ.) NAEG.							
Coelosphaerium kützingianum NAEG.							+
Coelosphaerium pallidum LEMM.							
Dasygloea höfleriana nov. spec.				+			
Gomphosphaeria aponina KÜTZ.					+		+
Gomphosphaeria lacustris CHOD.							+
Lyngbya biebeiana nov. spec.							+
Lyngbya borgertii LEMM.					+		+
Lyngbya distincta (NORDST.) SCHMIDLE							+
Lyngbya epiphytica HIERON.							+
Lyngbya erebii w. et G. S. WEST var. *thermalis* CLAUS							+
Lyngbya kossinskajae ELENK. var. *gracilis* nov. var.	+						+
Lyngbya lagerheimii (MOEB.) GOM.							+
Lyngbya limnetica LEMM.	+						+
Lyngbya martensiana MENEGH.		+					
Lyngbya martensiana MENEGH. fa.				+		+	+
Lyngbya norgardhii WILLE	+						+
Lyngbya norgardhii WILLE fa. *schirschoviana* ELENK.							+
Lyngbya pusilla (RABENH.) HANSG.	+						
Microcystis flos-aquae (WITTR.) KIRCHN.							+
Microcystis holsatica LEMM.				+			+
Microcystis marginata (MENEGH.) KÜTZ.							+
Nostoc minutissimum KÜTZ.			+				+
Nostoc sp. (sterile) probably *commune*							+
Oscillatoria acuiformis SKUJA fa.						+	+
Oscillatoria amphigranulata VAN GOOR							+
Oscillatoria animalis AG.		+	+	+			
Oscillatoria articulata GARDNER	+						
Oscillatoria brevis (KÜTZ.) GOM. fa. *brevis*		+	+				
Oscillatoria brevis (KÜTZ.) GOM. fa. *acuminata* fa. nova		+					
Oscillatoria brevis (KÜTZ.) GOM. fa. *capitata* fa. nova		+					
Oscillatoria coerulescens GICKELH.							+
Oscillatoria meslinii FRÈMY fa.				+	+		
Oscillatoria neglecta LEMM.	+						
Oscillatoria pseudogeminata G. SCHMID	+	+		+	+		+
Oscillatoria redekeii VAN GOOR							+
Oscillatoria subbrevis SCHMIDLE			+	+			

Table I

Name of Organism	Numbers of Samples						
	3	7	9	12	14	15	15c
Oscillatoria subtilissima Kütz.	+		+				
Oscillatoria trichoides Szafer	+		+				
Phormidium antarcticum W. et G. S. West			+				
Phormidium bigranulatum Gardner fa.							+
Phormidium dimorphum Lemm.			+				
Phormidium foveolarum Gom.	+	+	+	+	+	+	+
Phormidium lignicola Frèmy							+
Phormidium luridum (Kütz.) Gom.		+			+		+
Phormidium molle Gom.		+	+	+	+		
Phormidium subtruncatum Woronich. var. *constrictum* nov. var.						+	
Phormidium tenue (Menegh.) Gom.	+						
Phormidium tenuissimum Woronich.							+
Phormidium treleasei Gom. fa. *breviarticulata* fa. nova							+
Romeria austriaca nov. spec.						+	
Schizothrix bosniaca (Hansg.) Geitl.							+
Schizothrix rupicola Tilden					+		
Synechococcus aeruginosus Naeg.						+	
Total: 60	16	10	11	10	13	5	31
Addendum-Bacteriophyta:							
Thiothrix nivea (Rabenh.) Winogr.							+

form. There are many other small epiphytic *Calothrix* species which were not considered as juvenile forms. If he thinks the lack of hair is a determining factor in this case, he contradicts himself, when he characterizes the family Rivulariaceae (1932. p. 565): „Trichome . . . nur sehr selten ohne deutliches Haar (*Calothrix*-Arten).“ Some typical *Calothrix* species do not have a hair through out their whole life cycle. My opinion is that the mentioned species is a well circumscribed, distinct one which because of its epiphytic mode of life probably shows a reduction of its shape. (Similar reduction is observable on the *Lyngbyae* of the section of Heteroleibleinia).

The question becomes more problematic at this point whether the trichomes are constricted at the cross walls or not. In his original diagnosis West (1907. p. 180.) states that they are not constricted – the same opinion is to be found in Geitler's work — yet one can observe marked constrictions on some of his drawings. According to Hollerbach (1953. p. 349.): „Trichomes . . . at the location of the crosswalls are either constricted or not constricted.“ (Translated from the Russian). Because the specimens which I observed were in full agreement with those represented by West's figures, but were always constricted at the crosswalls I would favor the modified description of Hollerbach.

From the time of its first description as a tropical species, *Calothrix brevissima* has been found in many different habitats throughout the Soviet Union. Hollerbach (loc. cit.): „In standing or moving water, epiphytic on aquatic plants, Ukraine, mountains of Central Asia.[1]“)

Nostocaceae

13. *Anabaenopsis raciborskii* WOŁOSZ. 14.

Filaments solitary amongst other algae, straight or wavily-curved, 2.2—2.4 μ wide; slightly constricted at the hardly visible crosswalls, faint bluish-green. Cells somewhat longer than wide: 2.4—3.6 μ long; do not contain gas vacuoles; walls give no reaction with chlorzinciodide. Heterocysts at the ends of the filaments, ovoid with sharply pointed end; as wide as the filament and 4.4 μ long. Arthrospores absent (Fig. 33).

According to WOŁOSZYNSKA (in GEITLER 1932. p. 809.) the cells are 2.5—4 μ wide and 5—7 μ long. She attributes this latitude in the measurements to the existence of „younger" and „older" individuals. In this case the specimens which I have examined correspond to the „younger" form. GEITLER (loc. cit.) writes in connection with this question: „Auffallend sind die sehr verschiedenen Breiten der Trichome; . . . Ein so starkes Schwanken ist ungewöhnlich; vielleicht liegen zwei verschiedene Arten vor". The fact that I never found in my cultures filaments wider than 2.4 μ (also the „older" forms were apparently absent) seems to confirm the opinion of GEITLER, and it is very probable that WOŁOSZYNSKA found two distinct but only slightly differing species. If this suggestion is confirmed, then I would like to propose the name *Anabaenopsis wołoszynskae* for the „older" forms (4 μ wide trichomes) of WOŁOSZYNSKA's *A. raciborskii*.

The species first was described from the Rawa Demaugan lake of Jawa. Later it was found by SKUJA (1937) in a lake at Kastoria in Macedonia (Greece). KOMAREK has doubt about its validity (1958. p. 154.): „Steht nach der Art *A. tanganyikae* nahe."

In the last 25 years about 15 species of the genus were described from world-wide extra-tropical habitats.

14. *Nostoc sp.* (sterile, probably *commune*) 15c.

15. *Nostoc minutissimum* KÜTZ. emend. *mihi* 9, 15c.

incl. *N. ellipsoideum* GARDNER

Stratum aut fusco viride aut spadix aut olivacaeum: primo parvum, globosum, cum diametro minusquam 1 mm; deinde planum: aut mucosum aut cartilaginosum; cuius forma irregularis, mensura ad 3 mm. Thalli, cum dimensionibus microscopicis, globosi cum lamina fusco-lutea apud perimetros. Aut densa aut laxe congesta filamenta. Ad septa perconstricta: 1.0—1.8 micra lata; olivacaea. Vagina maxime confluxa; chlorozincico iodurato non colorata. Cellulae quadratae aut 2.2 plo longitudinis quam latitudinis: fere 2.0 micra longae. Protoplasma aut homogeneum aut delicatissime in chromatoplasmate granulatum. Heterocystae globosae aut eandem aut duplicem latitudinem cellularum vegitativarum (ad 2.8 micra latitudinem) habent. Arthrosporae subellipticae: 2.0—4.0 micra latae; 5.4—6.0 micra longae; cum superficie levi et fusca.

Stratum dark green, olive-green, or brownish, at first small, spherical, with a diameter less than 1 mm. later flattened mucilagineous or cartilagineous with an ir-

[1]) I did not take into consideration FAN's newest *Calothrix* monograph (1956, pp. 154—178.) because of the debated „species concept" of the author. FAN being a student of DROUET tries to establish species monsters without giving any evidence to support his theories. He even omitted from his work the list of synonyms, reserving it for a later publication.

regular shape up to 3 mm large. Microscopically-small thalli spherical with a firm, yellowish-brown sheath on the periphery. Filaments densly or loosly congested, at the crosswalls markedly constricted, 1—1.8 μ wide, olive-green. Sheaths mostly confluent, with chlorzinciodide no reaction. Cells quadrate or 2.2 times longer than wide, usually 2 μ long. Protoplasm homogeneous or with very fine granules in the chromatoplasm. Heterocysts spherical, as wide as the vegetative cells or two times wider (up to 2.8 μ in width.) Arthrospors subellipsoid, 2—4 μ wide, 5.4—6 μ long with smooth, brown walls (Figs. 2, 2a).

Kützing described the species in his Phycologia Generalis (1843. p. 204.) where, however, he cites his earlier work: Actien 1836. Unfortunately, I was unable to find any further information about this presumably first description. Forti (in de Toni 1907. p. 412.) also accepts as the original diagnosis that of 1843, but in this work Kützing does not give a drawing of the species and the first figures appear only 6 years later (Fig. 2b) in his Tabulae Phycologicae (Vol. II. Tab. 1. fig. 1. 1849). In his very short description Kützing states: "filaments densly entangled, 1—1.2 μ wide; cells spherical; arthrospores 2 times wider than the vegetative cells." He makes no mention of the arthosporelength nor does he speak about the heterocysts. Therefore Geitler writes: (1932. p. 851.) „Unvollständig beschrieben — an der geringen Zellgröße vielleicht kenntlich." The specimens in Rabenhorst's Exiccata (No. 2245), collected and identified by Richter as *N. minutissimum* have ellipsoid cells which are 4—4.6 μ wide, 5.6—6.2 μ long and spherical heterocysts with a diameter of 6.8—7.2 μ. Arthrospores could not be detected. Although Richter states on his label that the cells are 1/810″″ = (2.7 μ) wide, even if this would be the case the exiccata specimen cannot be identical with Kützing's species. Elenkin in 1938 (in Hollerbach 1953. p. 17.) wants to include Kützing's species in *Nostoc coeruleum*, from which it is quite distinct, as already pointed out by Hollerbach. But the latter author follows Elenkin in dividing the genus *Nostoc* into four different genera and thus *N. minutissimum* would be transferred by Kossinskaja into the genus *Sphaeronostoc* (*Sphaeronostoc minutissimum* (Kütz.) Kossink.). This seems to me to be a very unfortunate division; therefore I treated the species under its original name.

Gardner (1927, p. 64) described a new *Nostoc* species from Puerto Rico, under the name of *N. ellipsoideum*, which has moderatly tortuous, not densly congested filaments. Cells 1.4—1.8 μ wide, quadrate or 2.2 times longer than wide. Heterocysts dolioform 2.4—2.8 μ wide. Arthrospors cca. 3 μ wide, 6 μ long. Geitler (1932, p. 863) in connection with this species writes: „Ist wohl mit *N. minutissimum* identisch . . . ungenügend beschrieben und wohl schon bekannt . . . (ist) zu streichen." The description of Gardner is much more detailed than that of Kützing and can hardly be considered as incomplete, but unfortunately he fails to give illustrations. As yet I have been unable to examine Gardner's type material because of renovation operations at the New York Botanical Garden.

The specimens which I have found have „punktförmig" or microscopically small, spherical thalli (in this latter case cca. 300 μ in diameter) with a firm yellowish-brown sheath on the periphery. Filaments loosely congested $\pm$ flexuous, markedly constricted at the crosswalls. Sheats confluent do not react with chlorzinciodide. From the above points it is more closely related to Gardner's form. Cells 1.8 μ wide subellipsoid, 2.0—2.2 μ long. Heterocysts spherical with a diameter (2 μ) somewhat greater than the width of the vegetative cells. Arthrospores 5.4 μ long, subglobous or subellipsoid; cca. 4 μ wide with smooth brown walls.

In my opinion all three forms are very closely related to each other and from many points the specimens which I found form a definite transitus between KÜTZING's and GARDNER's species. Therefore it seems to be most reasonable to unite all three under the name *N. minutissimum* KÜTZ.

In the following table the characteristics of the three forms are summarized:

Characteristics:	*N. minutissimum* (KÜTZ.)	*N. ellipsoideum* GARDNER	*N. species* found by me
Shape of stratum	Very small, spherical	Flattened, up to 3 mm	Very small, spherical
Arrangement of filaments	Densely congested	Loosely congested	Loosely congested
Shape of cells	Nearly spherical	Cylindric, elliptical	Cylindric, subellipsoid
Width of cells	1—1.2 μ	1.4—1.8 μ	1.8 μ
Length of cells	?	1.4—3 μ	2—2.2 μ
Shape of heterocysts	?	Dolioform	Spherical
Width of heterocysts	?	2.4—2.8 μ	2 μ
Length of heterocysts	?	?	2 μ
Shape of arthrospores	?	Elliptical	Subglobous, subellipsoid
Cellwall of arthrospores	?	Brown, smooth	Yellowish-brown, smooth
Width of arthrospores	2.4 μ	3 μ	4 μ
Lenght of arthrospores	?	6 μ	5.4 μ

The species is most probably cosmopolitan. This is confirmed by the long list of occurrancies compiled by FORTI. Although many authors have noticed it I could not find any satisfactory illustration.

16. *Anabaena sp.* (sterile) 3.
17. *Anabaena minutissima* LEMM. 3.

Oscillatoriaceae

18. *Romeria austriaca* nov. spec. *mihi* 15.

Filamenta solitaria aut hemicyclica aut paulo flexa; ad septa inarticulata; 2.3 micra lata. In hoc, inter terminos spatium circa 9 micra perspicitur; in illo, longitudo 8.0—10.0 micra videri potest. Trichomata, tenuissima vagina diffluente circumdata, chlorozincico iodurato non affecta, brevia sunt, paucas cellulas — plerumque sex — habentia, in apice rotunda. Quae aut quadratae aut latitudinis plures; quam longitudinis sunt; 1.8—2.3 micra longae. Colore subglaucescenti-viridi protoplasma aut homogenum aut nonnumquam in centroplasmate corpus volutinum magnum; cellulae apicales late rotundae. Lente ad dextram se volvunt. A speciei *R. chlorina* BÖCHER mensura aliarum *Romeriarum* ad septa inarticulata, differt.

Filaments solitary, semicircularly curved or only slightly bent, not constricted at the crosswalls, 2.3 μ wide. In the previous form there is cca. 9 μ distance between the ends, while the latter are 8—10 μ long. Thrichomes surrounded with a very thin diffluent sheath, which becomes visible only in India ink preparations and does not give a reaction with chlorzinciodide. They are short, consisting only of a few, —

usually 6 — cells; ends rounded. Crosswalls in living material hardly, or not visible at all, but after staining with LUGOL's solution they become apparent. Cells quadrate or somewhat shorter than wide; 1.8—2.3 μ long. Protoplasm pale bluish-green, homogeneous or sometimes with one big volutine body in the centroplasm; end cells broadly rounded. A scarcely observable dexterorotation was noticed resembling those of *Spirulina*, but it was much slower; rotation toward right (Fig. 3). The trichomes of the species in contrast to the other *Romériae* are not constricted at the crosswalls, and from this point it segregates sharply with *R. chlorina* BÖCHER from all of the remaining species of the genus, while from BÖCHER's form it differs in its shape and measurements. There is some habital resemblance between *R. austriaca* and the undeveloped individuals of *Spirulina curta* (LEMM.) GEITL. and of *Spirulina abbreviata* LEMM. From the former it differs in its minor width and in its unconstricted filaments, while the latter has sharply pointed end cells and longer trichomes. Finally, from the immature individuals of the *Rhaphidiopsis* genus it differs in its measurements and in its rounded ends.

19. *Oscillatoria subbrevis* SCHMIDLE emend. mihi 9. 12.
incl. *O. fracta* CARLSON.

Trichomata solitaria: plusminusve recta; relative brevia, fere 100—120 micra longa; non constricta ad septa quae inconspicua, sed saepe granulata: 5.0—7.0 micra lata; nec attenuata nec ad apices flexa, sed e contra late rotundata. Longitudo cellularum $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$—$\frac{1}{5}$ plo latitudinis: 1.0—2.0 (—3.0) micra. Protoplasma colore luteo-glaucescente viride: cellulae apicales late rotundatae; calyptra caret.

Trichomes solitary, $\pm$ straight, relatively short, usually 100—120 μ long, not constricted at the crosswalls which are very faint, but often granulated, 5—7 μ wide, not tapering and not bent towards the ends, but widely rounded. Cells ($\frac{1}{2}$)—$\frac{1}{3}$—$\frac{1}{5}$ times longer than wide, 1—2—(3) μ long with a bluish-green protoplasm bearing a yellow tint, endcells widely rounded, without calyptra (Fig. 4).

SCHMIDLE described the species in 1901 from the therma: Nakwikmi in Northern Africa and in contrasting it with *Oscillatoria brevis* (KÜTZ.) GOM. he emphasizes the following: 1. not tapering end of thrichomes, 2. thermal habitat, and 3. the moniliform shape of the cells, (of which only No. 1 has some systematic value: even SCHMIDLE points out that the moniliform shape of the cells is probably due to the preservation in alcohol). In his description he stresses (1901, p. 243): „Scheidewände nicht granuliert, schwer sichtbar", of which characteristic GEITLER does not make mention. I reproduced SCHMIDLE's original drawing (Fig. 5), the one published in GEITLER's work (1932, p. 946, fig. b) is somewhat different and is probably a redrawing.

In 1913 CARLSON reported a new *Oscillatoria* from the Antarctica, as *O. fracta*. It is very similar in every detail to the above described one. The thrichomes separated very easily into smaller pieces and from this characteristic feature the organism acquired its specific name. (CARLSON illustrates this peculiar behavior of the alga. I have reproduced his illustration under Fig. 6.) This feature, however, has no systematic value. CARLSON himself admits that the material was kept more than 10 years in the preserving medium, before he received it for identification and it is known that some of the more sensitive Oscillatoriaceae spontaneously fall apart even to cells under the influence of the preserving material. For instance, I could observe the same procedure in *Oscillatoria okenii*, *Lyngbya aestuarii* and *L. maiuscula*. Therefore, it is not very probable that in this case homogonium formation was observed, as GEITLER suggests (1932, p. 946). Apart from this behavior of the filaments the diffe-

rences between Schmidle's and Carlson's forms are: 1. in the shape of the endcells (Carlson's species has a more widely rounded end); 2. in the presence of granules at the crosswalls in *Oscillatoria fracta*, of which Carlson states, that because of the relative invisibility of the crosswalls one can separate them only by the arrangement of these granules; and 3. in their habitats.

The specimens observed in my material have a ± widely rounded endcell and the crosswalls which are rather hard to see were in the same thrichome sometimes granulated or not granulated. In the following table the characteristics of the three forms are summarized.

Characteristics	*O. subbrevis* Schmidle	*O. fracta* Carlson	*O. sp.* found by me
Length of the trichomes	?	100 μ (or 10 μ)	120 μ (or mre)
Width of the trichomes	5—6 μ	6—7 μ	6.—36.6 μμ
Length of the cells	1—2 μ	1.3—(3) μ	1—2 μ
Formation of crosswalls	hardly visible	hardly visible	hardly visible
Granulation at the crosswalls	absent	present	present or absent
Trichome at crosswalls	not constricted ?	not constricted	not constricted
Shape of endcell	rounded	widely rounded	widely rounded
Distribution	Thermal (Africa)	Snow (Antarctica)	Lake (Europe)

From this table it is clear, that, apart from the differences in the distribution, there are no systematic marks on the basis of which it would be possible to make any differentiation among the three forms.

Concerning the occurrences, one should consider the following: Schmidle in the discussion of the North African thermal algal flora writes (1901, p. 240—241) „Man darf aus diesen Befunden wohl den Schluß ziehen, daß die tropische Thermalflora der untersuchten Quellen von der europäischen wenig verschieden ist." Consequently, the occurrence of the *O. subbrevis* in the investigated lake is therefore interesting only because here the plant does not live in a thermal habitat. But many Cyanphyceae which were first described as thermal algae, later were found in the most varying habitats. Probably the well-known wide ecological valency of the blue-green algae would give the explanation for its antarctic occurrence, too. For more detailed discussion of this problem see „final remarks".

20. *Oscillatoria trichoides* Szafer 3,9.
21. *Oscillatoria subtilissima* Kütz. 3,9.
22. *Oscillatoria coerulescens* Gickelhorn 15c.
23. *Oscillatoria meslinii* Frèmy fa. 12, 14.

Trichomes solitary, freely floating or amongst the thalli of other algae, especially *Lyngbya*, vivid yellowish-green, 7—7.3 μ wide, at the crosswalls very moderately constricted, more or less loosely twisted in spirals throughout their length, not tapering and not bent towards the ends; ends rounded. Cells shorter than wide, 1.7—2 μ long at the crosswalls strongly granulated, endcell rounded, without calyptra (Fig 7).

It differs from the original type of Frèmy in three characteristics:

1. The thrichomes are ± loosely twisted in spirals throughout their entire length and not only towards their end.

2. The thrichomes are not tapering towards their ends.

3. The thrichomes are very mildly constricted at the crosswalls.

All of these differences, however, are too small criteria on which to base a new variety or even a species.

The type is known from French Equatorial Africa.

24. *Oscillatoria articulata* GARDNER 3.

25. *Oscillatoria neglecta* LEMM. 3.

26. *Oscillatoria amphigranulata* VAN GOOR 15c.

27. *Oscillatoria redekeii* VAN GOOR 15c.

According to SKUJA (1956, p. 63) is probably identical with *Oscillatoria planctonica* WOŁOSZ.

28. *Oscillatoria pseudogeminata* G. SCHMID 3, 7, 12, 14, 15c.

29. *Oscillatoria acuiformis* SKUJA fa. 15c.

Trichomes solitary, freely floating among other algae, straight or slightly bent, not constricted at the crosswalls, tapering, but not or very slightly bending towards the ends, 0.8 μ wide. Cells quadrate or 2.5 times longer than wide, 0.8—2 μ long. Protoplasm pale bluish-green, homogeneous without visible differentiation of the chromatoplasm, crosswalls not granulated. Endcells elongated conical, in the form of a nail, sharply pointed, calyptra absent (Fig. 8).

It differs from the type in its shorter cells, in the absence of granulation at the crosswalls and in its habitat, i. e. it does not live as an endophyte in the mucus of other algae as SKUJA's form. There is a close relationship between this form and *O. deflexa* W. et G. S. WEST, but the latter is wider.

30. *Oscillatoria brevis* (KÜTZ.) GOM. fa. *brevis* = 7,9.
(*Oscillatoria brevis* (KÜTZ.) GOM. pro parte.)

Thalli olivegreen, adherent on the substrate or freely floating in form of loose bundles. Thrichomes ± straight, not constricted at the crosswalls, tapering and bent (very seldom not bending at the end) towards their ends, yellowish green, 5.4—6.3 μ wide. Cells shorter than wide, 1.3—1.8 μ long, at the crosswals heavily granulated. Endcell conically rounded (Fig. 9, 9a).

There is a rather uncertainity throughout the literature, concerning the type and its varieties and forms specially in the description of the shape of the endcell.

KÜTZING (p. 186. 1843) describes *Oscillaria brevis* with an: „apiculo attenuato, obtusiusculo, flexuoso." (In this first description he gives no illustration of the species. His first drawing appears later (Fig. 10) in the Tabulae Phycologicae — Vol. 1, p. 28, table 39, fig. VI. — in 1845. Other authors followed essentially KÜTZING's description, so GOMONT in his Monograph states: (p. 229, 1892): „apice haud capitata subacute et breviter attenuata uncinata vel tortuosa", and his illustrations are in complete agreement with this opinion (loc. cit. table 7, fig. 14—15) (Reproduced as Fig. 11 here).

GEITLER actually copies GOMONT's description and figures (after TILDEN) when he writes: „Endzelle abgerundet-kegelig" (p. 977, fig. 619a, 1932).

However, FORTI in DE TONI's Sylloge . . . already in 1907 widened our knowledge regarding the shape of the endcell. He describes (p. 180) filaments with: „apice haud capitatis, subacute et breviter attenuatis, uncinatis vel tortuosis." He gives as a

reference the specimens in the RABENHORST's Exiccata . . . under numbers 30 and 2131. The latter (and this is mentioned by GEITLER too) was collected by LE JOLIS and the specimen actually has the name: *Oscillaria subuliformis* LE JOLIS. According to FORTI this species is a synonym of *O. brevis*. Upon investigating the named exiccata it was found that the material contains a wide variety of elements as regards the shape of their endcells. The majority have the conically rounded type, while the capitate and subacute forms are fewer. Approximately, each 100th specimen has an elongated, tapering and sharply pointed end. However, there are present forms with untapered and widely rounded ends, (these might be considered as freshly broken or immature filaments). The length of the cells in the exiccatum is 1.3—3.2 μ. (In measuring the widht of a filament in an exiccatum, special care must be taken because of the deformations — as was shown by JAAG (1943, pp. 16—33) — one usually gets either smaller or larger numbers than those corresponding to the natural state.)

Finally, according to HOLLERBACH (p. 450, 1953): „The filament is tapering towards the end and usually is ± bent, in the form of a hook." (Translated from the Russian.) His figure (p. 448, fig. 6) is only a magnification of that of GOMONT and not an original by KOSSINSKAJA as he states!

A further complication emerged in connection with another species described by KÜTZING in 1843 (p. 185) as *Oscillaria neapolitana*. The species was placed by GOMONT under *Oscillatoria brevis* as a variety of it (*var. neapolitana* (KÜTZ.) GOM.) with its only distinguishing feature being its marine occurrence. FORTI keeps it also as a separate variety but he adds to it LE JOLIS' *Oscillaria subuliformis* as a synonym. It was he, however, who already furnished evidence for the synonymity of *O. brevis* with *O. subuliformis*. Thus, FORTI implicitly acknowledges that the variety cannot be maintained (If a = b and c = b, than a = c).

Although according to GEITLER the variety is valid, looking through the quoted material, I could not find any significant difference between the species and the supposed variety which would confirm their separability. (The marine occurrence in the one case has no taxonomic significance amongst the Cyanophyceae.) In my opinion it would be best to eliminate this variety.

In 1922 after having investigated SVEN HEDIN's collection from Tibet, WILLE described an interesting *Oscillatoria* with peculiarly formed end-cells. He called it *O. brevis* var. *variabilis* (WILLE in SVEN HEDIN's Southern Tibet. p. 184, 1922). He stated that: „Die Fäden sind sehr verschieden zugespitzt, bald sind sie abgerundet, bald sind sie sehr spitzig." Unfortunately, WILLE neither gives a picture, nor names the place of the exiccatum. GEITLER felt that it would be best to eliminate the variety (p. 977, 1932): „da sie sich auf systematisch wertlosen Merkmalen aufbaut, (. . . verschiedene Zuspitzung der Thrichome)".

ELENKIN (see in HOLLERBACK p. 450, 1953) follows essentially WILLE's opinion when he recognizes the validity of the form but he changes its position, making a forma from the variety. (*O. brevis* f. *variabilis* (WILLE) ELENKIN). The fact that ELENKIN divides specimens with the most variously formed endcells into his "forma" is not in complete agreement with WILLE's description. "The endcells look partly like the typical form, and are partly bent and tapering, reaching up to 10 μ length (in HOLLERBACH p. 450, 1953, translated from the Russian). However, in the cited work on table 245 one can see capitate and subacute forms too (figs. 8, 9, 10, 11) of which neither ELENKIN nor HOLLERBACH make any mention. (I reproduce these drawings in Figs. 12, 12a—d.) Furthermore the authors seemingly do not take into consideration those very sharply pointed forms which, according to WILLE, show a

great resemblance to *O. janthiphora* (Fior.-Mazz.) Gom. According to Elenkin's description the filaments are sometimes constricted at the crosswalls and this is pictured both on Popova's and Woronichin's drawings (loc. cit.). This is a characteristic of which there is no mention in Wille's original description; nor could I confirm this in my material. After all it seems to be justified to separate the two „Grenzvariationen" as two distinct formae: on the one hand those with a capitate endcell and on the other hand those bearing an elongated attenuated and sharply pointed encell. Both forms may occur intermingled with the main type, or may form distinct populations. Their descriptions are as follows:

31. *Oscillatoria brevis* fa. *capitata* fa. nova mihi = (*O. brevis* fa. *variabilis* (Wille) Elenk. pro parte. = *Oscillaria subuliformis* Le Jolis pro parte). 7.

Trichomata aut alias algas internexa aut libere nant plus minusve erecta; ad septa aut totaliter aut paene inarticulata; in apice et attenuata et late manata; colore luteoglaucescenti viridi; 5.4—6.3 micra lata. Longitudo cellularum minor latitudine; 1.3—1.8 micra longae; ad septa granulatae. Cellula apicalis capitata ad superficiem rotunda; calyptra caret. A typo, sua capitata, differt.

Trichomes intermingled with other algae, or freely floating, ± straight, at the crosswalls not, or very slightly constricted, tapering and bending towards the end, yellowish-green, 5.4—6.3 μ wide. Cells shorter than wide, 1.3—1.8 μ long, at the crosswalls granulated. Endcell capitate with broadly rounded outer surface, calypta absent.

Type material in Le Jolis' collection from Cherbourg, intermingled with *O. brevis* (Kütz.) Gom. fa. *brevis*, under the name of *Oscillaria subuliformis*, (Rabenhorst's Exiccata . . . No. 2131) (Fig. 13).

It differs from the type by its capitate end, and from *O. koetlitzii* Fritsch by its narrower thrichome.

32. *Oscillatoria brevis* fa. *acuminata* fa. *nova* mihi = (*O. brevis* fa. *variabilis* (Wille) Elenk. pro parte.) 7.

Trichomata aut alias algas internexa aut libere nant plus minusve erecta; ad septa aut totaliter aut paene inarticulata. Quae in apice et attenuata et late manata, colore luteoglaucescenti viridi; 5.4—6.3 micra lata. Cellularum longitudo minor latitudine; 1.3—1.8 micra longae; ad septa granulatae. Cellula apicalis in conum producta, praeacuta; calyptra caret. A typo, sua ad apicem praeacuta, differt.

Trichomes intermingled with other algae, or freely floating, ± straight, not, or very slightly constricted at the crosswalls, towards the end tapering and bent, yellowish-green, 5.4—6.3 μ wide. Cells shorter than wide, 1.3—1.8 μ long, granulated at the crosswalls. Endcell elongated cones, sharply pointed, calyptra absent.

It differs from the type by its conically elongated, sharply pointed end, from *O. lloydiana* Gom. by its narrower trichome and from *O. janthiphora* (Fior.-Mazz.) Gom. by its shorter cells. Fig. 14.

33. *Oscillatoria animalis* Ag. 7, 9, 12.

34. *Phormidium foveolarum* Gom. 3, 7, 9, 12, 14, 15, 15c.

Trichomes 0.9—1.4 μ wide, cells 0.8—1.2 μ long. The protoplasm after treatment with chlorzinciodide shows a brownish coloration!

35. *Phormidium molle* Gom. 7, 9, 12, 14.

36. *Phormidium dimorphum* Lemm. 9.

37. *Phormidium tenue* (MENEGH.) GOM. 3.

38. *Phormidium treleasei* GOM. fa. *breviarticulata* fa. *nova* mihi 15c.

Filamenta solitaria, parvis in fasciculis, alias algas, plerumque *Phormidia*, internexa; mucosa, saepe confluens, vagina; chlorozincico iodurato non colorata. Trichomata aut recta aut paulo flexa; ad septa inarticulata; 0.6—0.8 micra lata; in apice nec attenuata nec flexa. Cellulae quadratae, quarum longitudo minor latitudine: 0.4—0.8 micra longae. Cytoplasma homogeneum; colore subglaucescente viride; non granulatum. Cellula apicalis obtusa rotundaque; calyptra caret. A typo, suis cellulis brevioribus, differt.

Filaments solitary in smaller bundles amidst other algae, mostly *Phormidia*. Sheath mucilaginous, some time confluent, no blue coloration with chlorzinciodide. Trichomes staight or slightly bent, not constricted at the crosswalls, 0.6—0.8 μ wide, not tapering towards the end and not bending. Cells quadrate, shorter than wide, 0.4—0.8 μ long. Cytoplasm pale bluish-green, homogeneous no visible granules after staining. Endcell obtuse rounded, no calyptra. Differs from the type by shorter cells (Fig. 15).

The new form is quite distinct and well differentiated from other minute *Phormidia* closely related, by its homogenous protoplasm, short cells and typical endcell. There is a superficial resemblance to *Ph. glaciale* W. et G. S. WEST but it is smaller than that.

Further it resemblens COPELAND's Yellowstone *Phormidia* (*Ph. geysericola*, *subterraneum* and *bijahensis*) but it is wider than those.

39. *Phormidium bigranulatum* GARDN. fa. *brevicellulata* fa. *nova* mihi 15c.

Filamenta alias algas internexa; vagina tenuis, firma, postea mucosa; chlorozincico iodurato non colorata. Trichomata curvata, ad septa flexa, non constricta: 1.0 micron lata; in apice nec attenuata nec flexa. Cellularum longitudo plus minusve 4plo quam latitudo; 3.8—4.8 micra longae: ad septa granulum unum videri potest. Cytoplasma colore subglaucescenti viridi, quod, solutione LUGOLIS adhibita, minuta granula aeque distributa manifestat. Cellula apicalis obtusa, rotunda; calyptra caret. A typo, suis cellulis brevioribus ac modo vivendi non-endophytico, differt.

Filaments entangled, among other algae. Narrow, firm, later mucilagineous sheath, no blue coloration with chlorzinciodide. Trichomes curved, flexed not constricted at the crosswalls, 1 μ wide, not tapering and not bent towards the end. Cells approximately 4 times longer than wide, 3.8—4.8 μ long, with one granule at each crosswall. Cytoplasm pale bluish-green finely and evenly granulated after staining with LUGOL's solution. Endcell obtuse round, no calyptra. It differs from the type by having shorter cells and a non-endophytic mode of life (Fig. 16).

The new form resembles *Ph. laminosum* (AG.) GOM. although the latter usually contains more granules along the crosswalls, also resembles *Ph. tenue* (MENEGH.) GOM. var. *granuliferum* COPELAND which nevertheless, is constricted at the crosswalls with tapering and pointed endcell.

40. *Phormidium antarcticum* W. et G. S. WEST 9.

Filaments solitary amidst other algae, sheath hardly visible, confluent, mucilagenous, no coloration with chlorzinciodide. Trichomes ± regularly twisted in loose spirals 0.7 μ wide, height of turns: 6.5 μ, distance between them: 12.6 μ. Cells twice

as long as wide, 1.4—1.5 μ long. Protoplasm pale bluish-green, homogeneous, not granulated at the crosswalls, endcell conically rounded, not tapering, no calyptra.

According to FRITSCH it is a *Lyngbya*, but WEST even in the original description states (1911, p. 292): "It need not be confused with any of the spirally twisted plankton species of *Lyngbya*. It has no definite sheath and is smaller and narrower than any of them. Some specimens showed slight indications of a sheath which had become diffluent . . ."

As can be seen from my illustration (Fig. 17) the sheath is either very thin or diffluent. In this latter case it becomes visible only in India ink preparations, but there it is very apparent. As far as I know, the species is known only from Antarctica; its presence in the Salzlackengebiet is astonishing; but not absurd. Other arctic or antarctic species, too, were later found in great abundance throughout the world. A striking example is *Ph. frigidum* FRITSCH. But about this problem I shall speak later.

41. *Phormidium tenuissimum* WORONICH. 15c.

Filaments in bundles or freely floating among other algae, straight, or slightly bent. Sheath thin, firm, colorless, no blue coloration with chlorzinciodide. Trichomes not constricted at the crosswalls, not tapering towards the end but rounded, 0.8 μ wide. Cells twice longer than wide, 1.6 μ long. Cytoplasm pale bluish-green, homogeneous, not granulated along the crosswalls, endcell widely rounded, no calyptra. Discovered originally in *Nostoc* (*Stratonostoc*) *commune* communities in the arctic regions of the Ural mountains. Its presence in the Salzlackengebiet is surprising (Fig. 18).

42. *Phormidium lignicola* FRÈMY 15c.

Filaments in dark black colonies, straight or bent, 1.5 μ wide. Sheath firm, tight or mucinous, no blue staining with chlorzinciodide. Trichomes not constricted at the crosswalls, not tapering or bending towards the end, but rounding, 1.4—1.5 μ wide. Cells three-four times longer than wide, with an average length of 5.2 μ. (On p. 1007 the data of GEITLER, — 1932 — are incorrect, probably because of a printing error: "Cells two-three times longer than wide, length: 4.5—7.5 μ"). Cytoplasm pale bluish-green, finely granulated, almost homogeneous, not granulated along the crosswalls. Endcell rounded, no calyptra. Originally described in French Equatorial Africa, its presence in the Salzlackengebiet is interesting (Fig. 19)

43. *Phormidium subtruncatum* WORONICH. var.
constrictum nov. var. mihi 15.

Thallus colore sordido-glaucescenti-viridi; filamenta plus minusve recta; vagina acolorata, tenuis, firma, chlorozincico iodurato non colorata. Trichomata ad septa perconstricta; nec attenuata nec flexa in apice, sed rotundata; 1.2 micra lata. Cellulae aut quadratae aut longitudinis plures quam latitudinis: 1.2—2.2 micra longae. Cytoplasma homogeneum, colore sublgaucescenti viridi; ad septa non granulatum. Cellula apicalis rotunda: calyptra caret. A typo, sua ad septa constricta et dimensionibus parvioribus, differt.

Colony dirty bluish-green. Filaments $\pm$ straight, sheath colorless, thin, firm, no staining with chlorzinciodide. Trichomes visibly constricted at the crosswalls, no tapering and no bending, but rounding at the end, 1.2 μ wide. Cells quadrate or longer than wide, 1.2—2.2 μ long. Cytoplasm pale bluish-green, homogeneous, not granulated along the crosswalls, endcell rounded, no calyptra. Differs from type in constrictions and smaller measurements (Fig. 20).

The new variety is closely related to *Ph. truncatum* Lemm. from which it differs by its constrictions and shorter cells. Actually the new variety deviates as much from its type as *Ph. truncatum* differs from *Ph. subtruncatum*. I am not sure that these species are really different. The only noticeable difference between them is the granulated protoplasm in the case of *Ph. truncatum*. This characteristic, however, varies greatly under different ecological influences. Because of this I did not want to create a new species. Further, since the protoplasm of my form is not granulated, I prefer to place it under *Ph. subtruncatum* as a variety. If my feeling about the identity of the two mentioned species is accepted, then according to priority, Lemmermann's species would be the valid one. Consequently, my variety must be placed under it.

44. *Phormidium luridum* (Kütz.) Gom. emend. mihi 7, 14, 15c.
(Incl. *Phormidium africanum* Lemm. + *Ph. subcapitatum* Boye-Petersen.)

Thalli scortei et colore aut glaucescente- aut nigroviridi cum filamentis flexis. Vagina tenuis sed firma; chlorozincico iodurato aut vix aut non colorata; ad apicem nec attenuata necflexa, sed rotundata; 1.7—2.2 micra lata. Cellulae aut quadratae aut longitudinis plures quam latitudinis: 1.7—6.0 micra longae. Cytoplasma colore glaucescente-viridi; homogeneum; ad septa non granulatum. Cellula apicalis aut tonsa aut in conum producta. Calyptra aut absens aut minuta et difficiliter visa. A typo (Gomontii) ita ut sua filamenta constringi et parvam calyptram adesse possint, differt.

Leather-like bluish or blackish green colonies with bent filaments. Sheath thin but firm, faint or no staining with chlorzinciodide. Trichomes lightly or deeply constricted at the crosswalls, not tapering or bending towards the end, but rounding, 1.7—2.2 μ wide. Cells quadrate or longer than wide, 1.7—6 μ long. Cytoplasm bluish-green homogeneous, not granulated along the crosswalls; endcell sheared off or conical, very poorly developed or no calyptra. Difference from the description of Gomont (the type) is in the fact that the filaments could be highly constricted, and a small calyptra could be present.

The issue is highly confounded by the demonstrated illustration of Gomont about *Ph. luridum* (Fig. 22) which shows markedly constricted trichomes. If the picture is correct instead of the description, there is only a color difference which is relatively unimportant. Furthermore, in this situation there is also a close resemblance to Lemmermann's *Ph. africanum* except that the small calyptra is visible on this species. (On p. 999, 1932. Geitler mistakenly states that the sheath of *Ph. africanum* does not stain blue with chlorzinciodide. According to the original description it does !)

According to Lemmermann's implicit statement the description of Gomont, is correct, but not his illustrations. This becomes evident from his differential diagnosis of the *Ph. africanum* against *Ph. luridum*, when he emphasizes that the filaments of the former are more constricted and that they have a small calyptra (Lemmermann: 1912, p. 89). Unfortunately, Lemmermann does not illustrate his new species.

According to Geitler (1932, p. 999) the specimen, No. 528 of the Exiccata of Wittrock-Nordstett is identical with *Ph. luridum*. This material, however, contains filaments with or without constrictions (which when present may be rather strongly pronounced) and with higher magnification sometimes a small calyptra is also observable. According to these findings *Ph. africanum* cannot be considered to

be an independent species when the only difference from *Ph. luridum* is in the bluish-green color of its colonies and in the more or less pronounced positivity of the chlorzinciodide reaction. The former characteristic has also wide variations as seen in the case of FRÈMY's formae *violascens* (identical with the type) and *nigrescens* (= *Ph. luridum* fa. *nigrescens* FRÈMY) and according to my opinion is not enough for classifying it as an independent species.

If we want to maintain these separate formae (done so by COPELAND 1936, p. 179) as dictinct ones, then the *Ph. africanum* could be specified as the chlorescens form of *Ph. luridum* (= *Ph. luridum* fa. *chlorescens*). This form would correspond also with the forma I described above. The only difference from the Salszlacken form would be the presence of the poorly developed calyptra at LEMMERMANN. The whole problem could be solved if preserved material were obtained from the collection of LEMMERMANN, but he does not enumerate exiccata species.

Further complication arises from the fact that BOYE-PETERSEN in 1923 desbribed a species from Iceland under the name of *Phormidium subcapitatum*, which according to the author (1923, p. 282) is closely allied to LEMMERMANN's *Ph. africanum* and is distinguishable from it by its sheath not staining blue with chlorzinciodide. (I took over BOYE-PETERSEN drawings under Fig. 23.) Although BOYE-PETERSEN considers the color of the colony to be very important and his plants occur in a colony with an „atro-aerugineo" shade, he does not consider this as a differential diagnostic distinction from the bright bluish-green color of *Ph. africanum*. (At least he does not mention it!) Nevertheless, if *Ph. africanum* is identical with *Ph. luridum* and we take into consideration the non-complete specificity of the chlorzinciodide reaction (as was already mentioned, the only distinguishing feature between *Ph. africanum* and *Ph. subcapitatum* is the blue staining of the sheath of the former) and upon this we base the identity of *Ph. africanum* with *Ph. subcapitatum*, then this latter must also be identical with *Ph. luridum*, i. e. with the *violascens* form of it described by FRÈMY which according to COPELAND is the species itself. And although FRÈMY does not mention a calyptra, its presence can be postulated for two reasons:

1. As described in the exiccata material, which I have seen calyptra were observed on several filaments of *Ph. luridum*.

2. Although BOYE-PETERSEN emphasized that the calyptra of *Ph. subcapitatum* are very hard to see, he nevertheless states that they are present (1923, loc. cit.): "In order to see it the finest optical facilities are needed."

Since neither GOMONT nor FRÈMY report the presence of calyptra nor did I myself find any in the specimens examined from the Salzlackengebiet, then it would seem that the development of the calyptra is dependent upon factors unknown and therefore cannot be considered to be a decisive mark for classification.

If, all these suggestions are correct (unfortunately, I could not obtain No. 297 vial of BOYE-PETERSEN's collection containing the type for *Ph. subcapitatum*) the description of *Ph. luridum* could be emended with the mentioning of the bluish-green, violaceous or blackish colour of the colonies, the marked or less pronounced constrictions of the trichomes, the sometimes positive chlorzinciodide reaction and the possible presence of a hardly visible calyptra.

In this instance, neither *Ph. africanum* nor *Ph. subcapitatum* can be considered as independent entities and they should be merged with *Phormidium luridum* (KÜTZ.) GOM.

Characteristics	*Ph. luridum* (Kütz.) Gom.	*Ph. luridum* f. *nigrescens* Frèmy	*Ph. luridum* fa. found by me	*Ph. africanum* Lemm.	*Ph. subcapitatum* Boye-Petersen
Color of colonies and trichomes	Dark violaceous	Blackish-bluish	Bluish-green	Bluish-green	Dark bluish-green
Sheath with chlorzinciodide	Faint violaceous	Gray blue	Dull bluish-green	Bright bluish-green	Dark blush-green
Width of trichomes	No staining	No staining	No staining	Weak staining!	No staining
Trichomes at crosswalls	1.7—2 μ	1.7—2 μ	1.8—2 μ	1.5—2 μ	1.8—2.2 μ
Granulation at crosswalls	Constricted	Constricted	Highly constricted	Highly constricted	Constricted
Length of cells	Absent	Absent	Absent	Absent ?	Absent ?
Protoplasm	1.8—4.7 μ	1.8—4.7 μ	1.8—4.8 μ	1.5—4 μ	1.8—6 μ
Calyptra	?	?	Homogeneous	?	?
	Present ! ?	Absent	Absent	Very small	Hardly visible

In the following table (Table II) the characteristics of the three "species" and two "formae" are compiled. (*Ph. luridum* fa. *violascens* Frèmy is omitted because it is considered to be identical with the type.)

45. *Lyngbya pusilla* (Rabh.) Hansg.

46. *Lyngbya epiphytica* Hieron. 15c.

47. *Lyngbya norgardhii* Wille 3, 15c.

48. *Lyngbya norgardhii* Wille fa. *schirschoviana* Elenk. (Fig. 24). 15c.

49. *Lyngbya distincta* (Nordst.) Schmidle 15c.

Cells 1.8 μ wide, 1.4 μ long.

The specimens occured always attached on debris but were never found on other algae or on higher aquatics. (Fig. 25).

The distinction between this species and *Lyngbya rigidula* (Kütz.) Hansg. is fluent and not satisfactory. They might be identical! I do not agree with Elenkin when he classifies it under *L. kützingii* (Kütz.) Schmidle as fa. *distincta* (Nordst.) Elenk. (See in Hollerbach p. 533. 1951.) Even the measurements given by Elenkin are not in complete agreement with Nordstedt's data.

50. *Lyngbya lagerheimii* (Moeb.) Gom. 15c.

51. *Lyngbya limnetica* Lemm. 3, 15c.

Cells 1.8 μ wide, quadrate.

The distinction between this species and *Lyngbya subtilis* W. West is not clear cut. They might be identical!

52. *Lyngbya borgertii* Lemm. 14, 15, 15c.

Filaments solitary or several attached to each other, bent or straight. Sheath very thin, firm, colorless, no blue staining with chlorzinciodide, no constriction at the crosswalls; 2.5 μ wide. Ends not tapering and not bent but obtusly rounded. Cells longer than wide, 3.6 μ long. Pale bluish-green cytoplasm, single, rarely two-three large, irregularly shaped gas vacuols in centroplasm. In the chromatoplasm along the crosswalls one to three irregularly shaped granules visible. Since the first discovery in Ceylon this species was descri-

bed from Europe and several parts of North America; probably cosmopolitan (Fig. 26).

53. *Lyngbya erebii* G. et W. S. West var. *thermalis* Claus 15c.

Colony thin, bluish-green, filaments bent, entangled. Sheath thin, firm colorless, no blue staining with chlorzinciodide. Trichomes markedly constricted at the crosswalls, 0.9—1.0 μ wide, with rounded ends. Cells shorter than wide, 0.6—0.8 μ long. Cytoplasm bright, bluish-green, scarcely granulated along the crosswalls, endcell widely rounded, no calyptra.

The type was described from Antarctica, the variety from the therma of Bükkszék, from Hungary, living in 37 °C. water (Fig. 27).

54. *Lyngbya martensiana* Menegh. 7, 14.

Filaments 10.4 μ wide; trichomes 7.8 μ wide; cells 1.8—2.3 μ long; crosswalls granulated.

55. *Lyngbya martensiana* Menegh. fa. 12, 14, 15, 15c.

Colony bluish-green entangled (Fig. 28) filaments straight or slightly bent. Sheath thick, firm, mucilaginous or with cracked outer layer, no blue staining with chlorzinciodide. The encircling crack on the surface of the sheath demonstrates its spiral structure. Sometimes the entire sheatch is cracked along a spiral line (Figs. 28a, 28b). Similar structure was noted by Skuja in *Lyngbya stagnina*. Filaments 11—13 μ wide, trichomes 9.5 μ wide, dark bluish-green, readily moving up and down in the sheath, even sliding entirely out of it. (Figs. 28c, 28d.) In this case the forms having a slightly spiral structure float freely with a motion resembling that of *Oscillatoria*. (Fig. 28e). Between the cells wide concave spaces can be seen. (Not a systematic feature.) The sheathless filaments assume a yellow color under unfavorable circumstances (lack of nutrients?) Cells shorter than wide, 0.5 μ long in fast growing cultures (Fig. 28f) but usually 2—2.2 μ long. Cytoplasm bright bluish-, or yellowish-green, strongly granulated, except along the crosswalls, where is no granulation. Endcell rounded, no calyptra.

In the material received for identification more sheathless than sheathed forms were found, presumably because of the heat and lack of O_2. These forms, however, were hardly mobile. After the samples were confined for two more days, the already sheathless forms became completely yellow and showed a vigorous motion, while those few forms which were still found in their sheath and had their original dark-green color were noted sliding out of their sheaths. Even if they were straight or only slightly bent when confined in their original sheath they assumed a $\pm$ regularly spiral form when freed from the sheath. This process could not be considered as a production of homogonia because of the considerable length of the nude filaments (achieving length more than 1000 μ) contradicts this possibility. These sheathless vigorously moving filamentous forms were in many cases indistinguishable from some *Oscillatoria* species.

Immediate cultures were prepared from one part of the material. In the Petri dishes sheathless specimens could also be found although less frequently than in the original bottles deprived of O_2. This indicates that the cause of the movement of the filament from its sheath in this species is neither the lack of O_2 nor the lack of nutrients. Nor can it be stated that the presence of O_2 would account for this phenomenon as was observed by Utermöhl in the case of *Lyngbya* (*Oscillatoria*) *lauter-*

bornii (SCHMIDLE) UTERM. The literature describes some *Lyngbya* species which leave their sheaths easily, for instance, *L. brachynema* SKUJA. The author writes (1948, p. 54): „Die Scheiden sind . . . in der Regel vorhanden, doch kriechen die Fäden verhältnismäßig leicht aus ihnen hinaus." Unfortunately, there is no mention as to whether or not these sheathless forms retain their motility. For *L. pseudovacuolata* VETTER fa. (SKUJA 1948, p. 55) he mentions: „Man findet auch scheidenlose Trichome . . . immer sind sie aber unbeweglich." Finally, the same author writes the following about *L. chlorospira* SKUJA, (1948, pp. 55—56): „. . . fehlt den Trichomen von *Lyngbya chlorospira* die Scheiden . . . sie sind immer unbeweglich." According to these statements some species of the *Lynbya* genus abandon their sheath but these naked filaments remain motionless.

The problem becomes somewhat more complicated by several observations like those of UTERMÖHL's or mine, namely, that the filaments have a slow or vigorous *Oscillatoria*-like motion in their sheathless state. Considering UTERMÖHL's observations, HUBER-PESTALOZZI concludes (1938, p. 250): „Die Leichtigkeit womit die Trichome von *L. lauterbornii* die Scheide verlassen erinnert an *Phormidium*, die systematische Stellung obiger Form erscheint noch nicht gesichert."

Further confounding of the issue is presented by the taxonomically uncertainly positioned *L. pseudospirulina* PASCHER. HUBER-PESTALOZZI considers this species more likely to be a *Phormidium*. This "*Lyngbya*" described by PASCHER, has a vigorous motion. Nevertheless, it has a considerably developed sheath, which sometimes is absent. Both the sheath and the motility have given rise to much discussion. All algalogist are in complete accord that *Lyngbya*-type-sheathed filament cannot move. But from the reports of PASCHER, GEITLER erronously concludes to the existence of moving sheathed filaments. Since their movement negates the possibility of a *Lyngbya*-type-sheath, he postulates a non-*Lyngbya*-type-sheathed filament. (1932, p. 1043). This, too, would seem to be going beyond the evidence, because as SKUJA already pointed out, (1948, p. 56): „. . . man weiß jedoch nicht ob auch bescheidete Trichome hier beweglich sind (was kaum anzunehmen ist.)". There is no actual mention in PASCHER's description whether the filaments are moving in sheated or sheathless form.

In opposition to GEITLER's non-*Lyngbya*-type-sheath, a more simple explanation presents itself. Several investigators have noticed that *Lyngbya* filaments can abandon their sheaths and in this case, the filaments can be either motile or immotile. This latter opinion is held by SKUJA, as shown above in his description of *L. chlorospira* SKUJA und *L. pseudovacuolata* VETTER fa. SKUJA. Further, when he does not employ the name proposed by PASCHER (*L. pseudospirulina*), but uses instead UTERMÖHL's synonym *Spirulina pseudovacuolata*, which genus contains only sheathless, motile forms, he implicitly states that even if a species of the *Lyngbya* genus abandons its sheath it must remain immotile. In the same way, he again contradicts UTERMÖHL' statements referring to *Lyngbya lauterbornii* (SCHMIDLE.) UTERM., namely: that there exist both sheathed and sheathless forms of which only the latter are actively moving, by using its older classification as *Oscillatoria*, and by writing the following about the motility of this species (1956, p. 64): „Die Fäden bewegen sich unter Rotation um die Längsachse zuweilen mit einer Geschwindigkeit bis 70 μ in der Minute, häufig sind jedoch keine Bewegungen festzustellen."

Conclusively, those forms, which are capable of performing active movement are condidered as either *Spirulina* or *Oscillatoria*, whether or not they have a firmly

sheathed stage. Only those species would belong to *Lyngbya* which — even if they occured in a sheathless state — do not show any motility.

I am accord with SKUJA in disagreeing with the opinion of HUBER-PESTALOZZI that those species which can more or less easily abandon their sheath should be classified as *Phormidium*, because in this genus the formation of the sheath is more characteristic than the capacity of the filament to move in it or to slide out of it. However I disagree with SKUJA in another respect. I am convinced that the species which abandon their originally solid sheath and still retained their motility should be considered *Lyngbya*. For this reason I have placed the above mentioned forma of mine under *Lyngbya martensiana*; and also favor *Lyngbya pseudospirulina* PASCHER in preference to *Spirulina pseudovacuolata*, the synonym of UTERMÖHL preferred by SKUJA.

The inconsistant importance of motion as a useful mark of classification within the Oscillatoriacea family was pointed out by SKUJA on the different formae of *Oscillatoria trichoides* SZAFER. He writes the following about a forma observed in 1927 (1948, p. 48): „Die Fäden sind ohne Scheide und immer unbeweglich." Later he mentions another forma found in 1926 (1956, p. 64): „Gewöhnlich erscheinen die Fäden bewegungslos und nur selten gelingt es, eine sehr langsame Gleitbewegung festzustellen.

Another example is given by GEITLER (1932, p. 1026.) who writes the following concerning *Phormidium uncinatum* GOM.: „Drehrichtung nach links." Therefore in the differentiation among the three closely related genera (*Oscillatoria, Phormidium, Lyngbya*) the motility of the filaments is only a quantitative mark and the most stable systematic characteristic is still the formation of the sheath. It is naturally very difficult to determine correctly *Phormidium* or *Lyngbya* when only sheathless forms are oberserved. Sometimes ist is impossible or missleading and in these instances culture experiments are unavoidable.

On the basis of the above, one must consider that the new forma described is a *Lyngbya* which has both motile and immotile sheathless states. Therefore the diagnosis of the genus *Lyngbya* (described by AGARDH and more accurately determined by GOMONT) has to be completed with the statement that under certain conditions the filaments have the capability — at least in certain species — to abandon their sheaths, and that these forms cannot be considered as hormogonia. Regarding this GEITLER states (1932, pp. 18—19): „Obwohl die Scheide auf die Tätigkeit der Trichomzellen zurückgeht, also eine gemeinsame Membranbildung aller Zellen ist, besitzt das Trichom innerhalb der Scheide weitgehende Selbständigkeit. Es kann bei plötzlichen und kräftigen Wachstum die Scheide sprengen und sie im Homogonium Stadium überhaupt verlassen", but there is no mention of whole trichomes abandoning their sheaths. These nude forms are either immotile or moving about with a longitudinal circumaxial rotation resembling closely that of *Oscillatoria*.

The newly described forma differs from the type in that there is never granulation along the crosswalls and that under certain circumstances it can easily abandon its sheath and move subsequently with *Oscillatoria* like motion.

56. *Lyngbya biebliana*[1]) spec. nov. *mihi* 12, 14, 15c.

Thallus colore glaucescento viridi, filamenta sese intermixa, aut recta aut paulo flexa. Vagina et crassa et salebrosa, sed non pannosa; firma, acolorata, chlorozincico

[1]) The species was named honoring the outstanding Austrian algologist-physiologist Professor RICHARD BIEBL.

iodurato non colorata; filamenta 9 micra lata. Trichomata ad septa non constricta, quae in apice nec attenuata nec flexa, sed in conum rotundata; 6.3—6.5 micra lata. Cellulae latitudinis plures quam longitudinis: 1.7—2.0 micra longae. Cytoplasma colore luteoglaucescenti viridi; homogeneum; minutissime granulatum; septa aut non granulata. Cellula apicalis in conum rotundata; in terminis cum plasmatis operculo distincto tecta. Filamenta facile de vagina desistunt, deinde sicut *Oscillatoria* movent; ad dextram se volvunt. Ad speciem, *Lyngbya antarctica* Gom., proxime accedit; quae, autem, et ad apicem attenuata et capitata et ad septa granulata.

Colony bluish-green, filaments entangled, straight or slightly bent. Sheath thick, uneven, but not frayed, firm, colorless, no blue staining with chlorzinciodide, filaments 9 μ wide. Trichomes not constricted at the crosswalls, ends not tapering, not bent, but conically rounded, 6.3—6.5 μ wide. Cells shorter than wide, 1.7—2 μ long. Cytoplasm yellowish-greenish-blue, homogenous, finely granulated but no granules along the crosswalls. Endcell conically rounded with well developed plasma cap at the end. Filaments easily abandon sheath, subsequently, moving with *Oscillatoria* like motion; rotation to right. (These characteristics are described above in detail, see: *Lyngbya martensiana* fa.) (Fig. 29a, 29b, 29c).

Its closet resemblance is to *Lyngbya antarctica* Gom., which however, tapers towards the end and is capitate; furthermore its crosswalls are granulated.

There is certainly a great resemblance between this new species and *Phormidium ambiguum* Gom. Examining the exiccata specimens of *Ph. ambiguum* (the Rabenhorst' Exiccata No. 75 referred to by Geitler as a synonym was a mistake, because it is a green alga — but the other numbers are correct) I found filaments which differed from the original description in a fow characteristics: e. g. their width is not 6 μ but 6.45 μ — this might be the result of drying and flattening —; the sheath was never found to be confluent but frequently frayed; only one part of the filaments gave the chlorzinciodide reaction. Because I could not detect the type, and according to my findings the description of *Phormidium ambiguum* is in fact ambiguous (actually the structure and development of the sheath in the exsiccata species refer them to the *Lyngbya*) therefore, I find insufficient proof to associate my new species with this *Phormidium*.

Besides the above inconsistences to *Ph. ambiguum*, there are other characteristics which serve to distinguish the two species: e. g. the presence of the sheath in the new species definitely aligns it with *Lyngbya*; its filaments are never constricted at the crosswalls, which are never granulated; moreover the sheath never stains blue with chlorzinciodide; finally the sheathed trichomes are wider than those of *Phormidium ambiguum*.

57. *Lyngbya kossinskajae* Elenk. var. *gracilis* var. nov. mihi 3, 15.

Filamenta ad 200 micra longitudinem tendunt; quae ad substratum termino fixa; numquam libere nant; aut flexa aut recta; 1.5 micra lata; colore subglaucescenti viridi. Vagina tenuis, firma, non-striata, acolorata, chlorozincico iodurato paene colorata. Trichomata 1.2—1.3 micra lata; quorum tenua septa in vivo inconspicua, tantum effectu chlorozincico iodurato apparent. Cellularum longitudo plus (bis-ter) quam latitudo: 2.5—3.6 micra longae. Protoplasma subglaucescens cum 1—3 granulis. Rotundata cellula apicalis; basalis nondum specifice formata. A typo, sua gracili forma, differt.

Filaments up to 200 μ length, attached to the substrate (*Cladophora*) with one end and never freely floating; variably bent or erect, 1.5 μ wide, pale bluish-green. Sheath narrow, tight, firm, without layers, colorless, very weak blue staining with chlorzinciodide. Trichomes 1.2—1.3 μ wide, crosswalls hardly visible in living condition, very thin and become apparent only after staining with chlorzinciodide (when they show a slight cellulose reaction). Cells 2—3 times longer than wide, 2.5—3 6 μ long. Protoplasma faint bluish-green with 1—3 granules in it. Endcell rounded, basal cell not specifically differentiated, like those at some species belonging to the Heteroleibleinia sectio. (Figs. 30, 30a.) By the lack of this the variety is well differentiated from the unripe members of the *Sokolovia* genus, too. Epiphytic together with *L. pusilla* and *L. norgardhii* on *Cladophora*.

The new variety differs from the type by its more graceful appearence. It is closely related to *L. kützingii* (Kütz.) Schmidle var. *minor* Gardner from which it differs by its longer cells. It, is also distinct from *L. kützingii* fa. *woronichinae* Elenk. (which is very probably identical with *L. subtilis* W. West), in that the filament is narrower and it gives a positive chlorzinciodide reaction.

Actually it is very hard to give a complete differential diagnosis in this case, because the taxonomy of these minute *Lyngbya* is not at all satisfactory and a revision of the more than 30 accepted species below 3 μ width is absolutely necessary, but this task is beyond the scope of this study.

58. *Schizothrix bosniaca* (Hansg.) Geitl. emed mihi 15c.

Filamenta sese internexa usque ad 22 micra lata crescunt; quae thallos non efficiunt. Vagina firma, transparens, acolorata; marginibus salebrosis; chlorozincico iodurato non colorata. Trichomata in vagina: basalia (aut 2 aut 3 aut 5); apicalia et solitaria; ad septa valde articulata; 3.8—4.0 micra lata; quorum apex et attenuatus et in conum rotundatus. Cellularum longitudo plus quam latitudo: 5.2—6.3 micra longae. Cytoplasma colore subglaucescente viridi; homogeneum. Cellula apicalis in conum rotundata. Inter alias algas, saepissime *Cladophora*, invenitur.

Filaments entangled, no colony formation; up to 22 μ wide. Sheath firm, transparent, colorless with uneven borders, no blue staining with chlorzinciodide. Trichomes 2—3—5 at the base and solitary at the top in the sheath, markedly constricted at the crosswalls, 3.8—4—4.8 μ wide, end tapering off and conically rounded. Cells longer than wide, 5.2—6.3 μ long. Cytoplasm dull bluish-green, homogeneous, endcell conically rounded. Amidst other algae, mostly *Cladophora*. (Fig. 31, 31a).

The type species was originally described by Hansgirg as *Lyngbya bosniaca* (1891, p. 348), later classified by Forti (in de Toni, 1907, p. 339) as a *Hypheothrix* and it was transferred by Geitler (1933, p. 1083) into the *Schizothrix* genus. From the original diagnosis of Hansgirg it does not become clear whether the trichomes are constricted at the crosswalls or not. This could be the basis for Geitler's remark: „Kaum identifizierbar."

Drouet reexamining Hansgirg's original collection has found that *Lyngbya bosniaca* is identical with *Amphithrix janthiana* (Mont.) Born. et Flah. (Drouet 1957, p. 51). Although I have not seen the original material of Hansgirg, I am reluctant to accept the statement of Drouet for several reasons:

1. Drouet gives the original description as appeared in: „SB. Böhm. Ges. Wiss., math.-nat. Cl. 1. 1891, (1), p. 448; 1891." (Incidentally the year is 1892 and not 1891.) However, Hansgirg noted this species for the first time as a nomen nudum in 1890 on the 131st. page of the same periodical, in which he also mentioned: „. . . Lager

stellenweise fast goldgelb gefärbt war . . .", whereas the *Amphithrix* is always violaceous.

2. According to DROUET the type locality is: „Bosnia: Duboj", however, HANSGIRG in his 1890 description gave the type locality as „in Spalato bei Kuin, Castell Vecchio, Clissa, Pisano." Only in his second description does he mention „in der Bosna und Jala bei Doboj . . ." (Duboj may be a misspelling?)

3. Generally accepted fact is that the width of the filaments of *Amphithrix janthiana* is from 1.5 μ to 2.25 μ, (the width of the species in the RABENHORST Exiccata No. 1580. varies from 1.3 to 1.8 μ) while the species described by HANSGIRG is 3—4 μ rarely 5 μ; therefore 2—3 times as wide as the filaments of the *Amphithrix*. FORTI who also reexamined the original collection of HANSGIRG (see Preface in DE TONI) did not mention that the trichomes of the *Lyngbya-Hypheothrix bosniaca* were narrower than the measurements given by HANSGIRG.

4. Finally, it is hard to assume that a plant of a *Lyngbya* character could be mistaken for an *Amphithrix*.

One possible conclusion is that the specimen DROUET saw was not the original of HANSGIRG (the lectotype), because he himself makes the remark about HANSGIRG's collection (1957, p. 41): "Both the packets of dried material and the slides are chiefly without annotations as to the taxa included" and he continues (p. 42): "it proved to be essentially a routine method to identify the algae which his descriptions indicate."

Until further elucidation of this problem the *Schizothrix bosniaca* (HANSG.) GEITL. species has to be considered valid. If, however, furhter investigations prove this species to be identical with some of the already known Cyanophycea, then the species described above originating from the Salzlackengebiet should be considered a new species and will have to be redescribed.

The form found by me has some resemblance to *Schizothrix lamyi* GOM., but is distinguished from it by several criteria of which the most important are: the sheath though wide, never reaches the measurements of that of *Sch. lamyi* and is never layered; the trichomes are markedly constricted at the crosswalls; finally, the endcell is conically rounded.

59. *Schizothrix rupicola* TILDEN 14.

60. *Dasygloea höfleriana* nov. spec. mihi.[1])

Plantae solitariae; filamenta ramosa et flexa; vagina lata, homogenea, ad limina non conflucta, sed crassiore firmiore que salebroso externo strato, parvis granulis globosis crustato. Quae libere ad apicem aperta, ad curvaturas plicata; colore chlorozincico iodurato non colorata; ad filamenti partem basalem fere 100 micra; ad mediam circa 60 micra; post bifurcationem, 22—30 micra tantum; totaliter 3000—4500 micra longa. Trichomata inaequaliter locata, maxime inter se in vagina distant. Quae et in parte basali et mediali 5—6 numerant; post ramificationem, unicum, raro duo, inveniri potest. Trichomata brevia: 2.7 micra lata; ad septa paulo constricta et ad apicem non attenuata. Cellularum longitudo aliquantulum plus quam latitudo: 3.6—4.0 micra longae. Septa percrassa. Cytoplasma bene dividitur in chromatoplasma fuscum-glaucescentis-viride et centroplasma pallidum glaucescentis viride; quorum neuter granulatum. Cellula apicalis hebetiter rotunda. Trichomata nec in apicem in basim dividuntur, cum filamenta mature sic dividantur. Reproductio a

[1]) This species was named in honor of Professor KARL HÖFLER the illustrious Austrian plant physiologist.

hormogoniis, quae 3—5 cellulas tenent. Cuius generis duo species inveniuntur: *Dasygloea amorpha* THWAITES et *D. yellowstoniensis* COPELAND. Ab hoc, suis parvioribus mensuris, ab illo et suis mensuris et vagina non striata et septis valde crassis, novus differt.

Plants solitary, filaments branching, bent, (Fig. 32). Sheath wide, homogeneous, not confluent at its borders, but with a thicker and firmer uneven external layer with incrustations of small round granuls, freely opens at the end (Fig. 32a), plicated at the curvatures (Fig. 32b), not-staining blue with chlorzinciodide, at the base of the filament approximately 100 μ, at midpart cca. 60 μ, after branching only 22—30 μ wide. Full length 3000—4500 μ. Trichomes situated irregularly, wide apart in sheath, generally at the base and midpart 5—6 past branching only one, rarely two can be found (Fig. 32c). Trichomes short, 2.7 μ wide, slightly constricted at the crosswalls and not tapering towards the end. Cells somewhat longer than wide, length 3.6—4 μ, crosswalls conspicously thick (giving the impression at first sight of largly constricted trochomes). Cytoplasm well differentiated into a dark dull bluish-green chromato, — and a lighter, pale bluish-green centroplasm, neither of them contain granules. End-cells bluntly rounded. no differentiation of the trichomes into base and top can be observed, although the fully developed filament shows such differentiation. Reproduction by hormogonia consisting of 3—5 cells. (Fig. 32d) Infrequently, longer trichomes can also slide out from the sheath — homogonia ? —, which, however, are always immobile. Further development of the homogonia, i. e. trichome parts could unfortunately not be observed.

Two species of this genus have been known: *Dasygloea amoprha* THWAITES and *D. yellowstoniensis* COPELAND. The new species differs from the first by its smaller measurements: from the latter — apart from the measurements — in the fact that its sheath is not layered and the crosswalls are considerably thicker.

GEITLER remarks in reference to *D. amorpha* (1932, p. 991): „Vielleicht nur ein Entwicklungsstadium einer anderen Gattung (*Microcoleus*)!" I do not share his opinion because I have found several younger or older specimens but none of them showed the characteristic crowded filament arrangement of *Microcoleus*. Not a single *Microcoleus* specimen was found in the material which could have been the developmental stage of the *Dasygloea*, although during the culture experiments if this species had been only a developmental form it could have been transformed into the typical *Microcoleus*.

Some resemblance could be found among the new species and some *Schizothrix* species, (e. g. *Sch. vaginata* GOM.). However, there is a quantitative difference in the widely scattered irregular arrangement of the trichomes in the very wide sheath. If the quantitative differences of the distinct genera of the Cyanophyceae should be changed, then the whole system of classification would undergo several transformations.

Additionally, it should be mentioned that sample No 15c contained *Thiothrix nivea* (RABENH.) WINOGR. a filamentous epiphytic bacterium.

Concluding remarks

The presence of arctic, antarctic, tropical and thermal species of Cyanophyta from a single area raises some interesting points for consideration.

1. The presence of polar species

When a species is well known in Europe and is described from the polar regions it is not considered unusual. However, when a species originally described from the arctic is later found in Europe, this usually requires an explanation. In reality there is no difference between the two processes. For instance, *Phormidium frigidum* FRITSCH was described first from Antarctica, later it was found in the High Tàtra, then from several rivers in the Soviet Union, SKUJA demonstrated this in the plankton of lakes in Uppland, GAYRAL observed it on the sea coast of Marocco and I have found it in caves in Hungary and in several rivers of the United States. This species is therefore certainly cosmopolitan and this is probably true for all the other polar Cyanophyceae.

GEITLER (1932, p. 84) has the same opinion: „Meiner Meinung nach sind wohl die allermeisten Blaualgen Kosmopoliten. Daß dies ohne jede Ausnahme zutrifft ist gewiß unwahrscheinlich. Vielleicht gehören zu diesen Ausnahmen einige *Anabaenopsis*-Arten, die nur in afrikanischen Seen vorzukommen scheinen. Im allgemeinen beweist es nichts, wenn eine Art nur an einer Stelle gefunden wurde." As to the tropical i. e. especially the *Anabaenopsis* species, this supposition of GEITLER did not hold true: during the past 25 years about 15 *Anabaenopsis* species were discovered throughout Europe and North America.

2. The presence of thermal species

According to the statements of SCHMIDLE quoted earlier, there is no decisive difference between the African and European thermal Cyanophyceae-flora. The situation is similar to the thermae of the American Yellowstone Park (disregarding naturally some endemic species). COPELAND in 1936 described numerous species (hitherto known only in the tropics) from Yellowstone. Because of the conventional consept that thermal organisms are only those species which live in water with a temperature above 65 °C (COPELAND p. 216) and all others below that temperature range are facultative thermal species, it would be expected that the latter are also to be found in waters with more normal temperatures. This has proven to be true in many instances. Because of this it becomes impossible to properly differentiate between a thermal and a non thermal Cyanophyceae-flora. It is concluded that when a species is first described in a thermal water this does not mean — unless the temperature is very high — that it cannot occur in cold water. Even such characteristic thermal organisms as *Mastigocladus laminosus*, *Oscillatoria okenii*, *O. angustissima*, *Phormidium laminosum* etc. were detected in non thermal waters. All these data support the postulate accepted in other branches of biology that in the study of the distribution of the Cyanophyceae the absence of a certain species in a given ecological condition is not a determining factor in itself, or vice versa, which in this case means that a negative proof is no proof at all.

3. The presence of new taxa

Referring to the relatively numerous new taxa I have to mention the 15c collection which is a special conglomerate of the thin and very thin Oscillatoriaceae, thus providing an excellent opportunity to study contemporaneously all these complicated closely related species and their life.

W. LOUB in his recent study about the algae communities of the Neusiedler See found 350 "surely identified" species, among them 40 blue-green algae, which num-

ber even if it is not too high is impressive. More important, however, is the fact, that he was able to differentiate among a surprisingly big number of biocoenoses (1955, p. 105): „Diese reiche Abstufung innerhalb der Biozönose, die beträchtlichen Unterschiede in den ökologischen Bedingungen, sprechen wohl sehr dafür, den Neusiedler See nicht als Weiher zu bezeichnen, sondern als Steppensee den Seen vom Normaltypus gegenüber zu stellen." If this statement is true for one lake it must certainly be true for the many smaller or bigger ponds and lakes of the Salzlackengebiet.

I conclude this paper with a quote from Prof. SCHILLER who recently published a highly important work about the Dinoflagellates of the Neusiedler See (more than 400 new taxa), but which could be applied to the whole Salzlackengebiet (1955, p. 60): „Es ist der einzige Steppensee Mitteleuropas. . . und erwies sich geradezu als eine biologische Goldgrube."

I would like to express my sincere gratitude to Prof. KARL HÖFLER for supplying me with the material used in my observations; to Dr. CHARLES W. REIMER for his valuable criticism and suggestions and to Mr. WILLIAM T. HALL for the many hours patiently proofreading and emending the text.

Bibliography

BOUYRELLY, P., MANGUIN, E., 1952: Algues D'eau Douce de la Guadeloupe. 1–277. Cyanophyceae 139—164. Paris.

BOUE-PETERSEN, J., 1924: The Aerial Algae of Iceland. In ROSEVINGE and WARMING: The Botany of Iceland. **2**, 7, 250—324. Copenhagen-London.

— 1928: The Fresh-water Cyanophyceae of Iceland. In ROSEVINGE and WARMING: The Botany of Iceland. **2**, 8, 325—448. Copenhagen-London.

CARLSON, G. W. F., 1913: Süßwasseralgen aus der Antarktis, Südgeorgien und den Falkland Inseln. In NORDENSKJÖLD: Die Schwedische Südpolar-Expedition 1901—1903. **4**, 14, 1—94. Stockholm.

COPELAND, J. J., 1936: Yellowstone Thermal Myxophyceae. Ann. New York Acad. Sci. **36**, 1—232.

CLAUS, G., 1955: Algae and their mode of life in the Baradla Cave et Aggtelek. Acta. Bot. Acad. Sci. Hung. **2**, 1—2, 1—26.

— 1959: Studien über die Algenvegetation der Thermalquelle von Bükkszék. Arch. f. Hydrobiol. **55**, 1, 1—29.

DROUET, F., 1957: Type Specimens of Algae in the Herbarium of ANTON HANSGIRG. Ann. Nat. hist. Mus. Wien. **61**, 41—59.

—, DAILY, W. A., 1956: Revision of the Coccoid Myxophyceae. Butler Univ. Bot. Stud. **12**, 1—218.

— — 1957: Revision of the Coccoid Myxophyceae. Additions and Corrections. Transact. Amer. Microsc. Soc. **76**, 2, 219—222.

DE WILDEMAN, E., 1935: Observations sur des Algues. In: Expedition Antartique Belge. Rapports Scientifiques Botaniques 1—47. Anvers.

ELENKIN, A. A., 1936–1949: Monographia algarum cyanophycearum aquidulcium et terrestrium in finibus URSS inventarum. (Pars generalis) **1**: 1—675 (1936): **2**. (Pars specialis-Systematica) (1): 1—985 (1938): (2): 985–1908 (1949) (Sineselenie wodorosli SSSR) Moskva-Leningrad.

FAN, KUNG CHU, 1956: Revision of Calothrix Ag. Revue Algalogique. Nouv. Ser. **2** (3): 154—178.

FORTI, A., 1907: Sylloge Myxophycearum. In DE TONI: Sylloge Algarum Omnium **5**: 1–761. Padua.

FRÈMY, P., 1930: Les Myxophycees de l'Afrique equatoriale française Arch. Bot. **3**, 2, 1–507.

FRITSCH, F. E., 1917: Freshwater Algae. In: British Antarctic „Terra Nova" Expedition. 1910. Botany **1**, 1—16. London.

— 1935; II. 1945: The Structure and Reproduction of Algae. **I**: 1—791, **II**: 1—939. Cambridge
Gain, L., 1912: La flore Algologique des regions Antarctiques et Subantarctiques. In Charcot: Deuxieme Expedition Antarctique Francaise (1908—1910), 156—199. Paris.
Gardner, N. L., 1927: New Myxophyceae from Porto Rico. Mem. New York Bot. Garden **7**, 1—145. (Plates 1—23).
Gayral, P., 1954: Recherches Phytolimnologiques. 1—306. Tanger.
Geitler, L., 1925: Cyanophyceae. In Pascher: Süßwasserflora. **12**, 1—281. Jena.
— 1932: Cyanophyceae. In Rabenhorst: Kryptogamenflora. **14**, 1—1196. Liepzig.
Gomont, M., 1892: Monographie des Oscillarièes. Ann. Sci. Nat. Ser. 7. Bot. **15**, 263—380; Ser. 7. Bot. **16**: 91—264.
Halász, M., 1937: Anabaenopsis hungarica nov. spec. Bot. Közl. **37**, 5—6, 251—277.
Hansgirg, A., 1891: Physiologische und algologische Mitteilungen. Sitzungsber. Königl. Böhm. Ges. Wiss., math.-nat. wiss. Classe **2**, 83, 99—140.
— 1892: Algologische und Bacteriologische Mitteilungen. Sitzungsber. Königl. Böhm. Ges. Wiss., math.-nat. wiss. Classe **1**, 297, 300—365.
Höfler, K., und Fetzmann, E. L., 1959: Algen-Kleingesellschaften des Salzlackengebietes am Neusiedler See I. Sitzungsber. Öst. Akad. Wiss. Wien. Abt. I, **168**, 371—386.
Hollerbach, M. M., Kossinskaja, E. K., Poljansky, V. I., 1953: Sinezelenie vodorosli. Opredelitely presnovodnikh vodoroslej S.S.S.R. **2**, 1—199. Moskva.
Huber-Pestalozzi, G., 1938: Das Phytoplankton des Süßwassers. (Allgemeiner Teil, Blaualgen, Bakterien, Pilze.) In Thienemann: Die Binnengewässer. **14**, 1, 1—342. Stuttgart
— 1956: Der Neusiedler See im österreichischen Burgenland und die Erforschung seines Phytoplanktons. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. **18**, 2, 239—244.
Hustedt, F., 1959a: Bemerkungen über die Diatomeen des Neusiedler Sees und des Salzlackengebietes, in Landschaft Neusiedler See. Wiss. Arbeiten aus dem Burgenland. **23**, 129—133.
— 1959b: Die Diatomeenflora des Neusiedler Sees im österreichischen Burgenland. Öst. Bot. Zeitschr. **106**, 5, 390—430.
1959c: Die Diatomeenflora des Salzlackengebietes im österreichischen Burgenland. Sitzungsber. Öst. Akad. Wiss. Wien. Abt. 1. **168**, 3—4, 387—452.
Jaag, O., 1943: Die Zellgröße als Artmerkmal bei den Blaualgen. Zeitschr. f. Hydrologie. **9**, 16—33.
Komarek, J., 1956: Nove hormogonialni sinice. New hormogonal blue-green algae. Preslia. **28**, 4, 369—379.
— 1956: Some interesting blue-green algae. Univ. Carolina. Biol. **2**, 1, 91—118.
— 1958: Die Taxonomische Revision der planktischen Blaualgen der Tschechoslowakei. In: Algologische Studien d. Tschech. Akad. Wiss. 1—206. Praha.

▶

Table I.

1 Calothrix brevissima G. S. West, solitary well developed filament, 600 ×; *1a* same as above, filaments attached on *Cladophora*, 600 ×; *2 Nostoc minutissimum* Kütz. emend. Claus, small colony, 60 ×; *2a* same as above, solitary filament, 1200 ×; *2b, c Nostoc minutissimum* according to Kützing; *3 Romeria austriaca* Claus, 1200 ×; *4 Oscillatoria subbrevis* Schmidle emend. Claus, 600 ×; *5 Oscillatoria subbrevis* according to Schmidle, 360 ×; *6 Oscillatoria fracta* according to Carlson, 720 ×; *7 Oscillatoria meslinii* Frèmy fa., 600 ×; *8 Oscillatoria acuiformis* Skuja fa., 1800 ×; *9 Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom. fa. *brevis*, 600 ×; *9a* same as above. Rare not bending form, 600 ×; *10 Oscillaria brevis* according to Kützing; *11 Oscillatoria brevis* according to Gomont, 360 ×; *12 Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom. fa. *variabilis* (Wille) Elenk. according to Woronichin, 600 × cca.; *12a—d* same as above. According to Popova, 600 × cca.; *13 Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom. fa. *capitata* Claus, 600 ×; *14 Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom. fa. *acuminata* Claus, 600 ×.

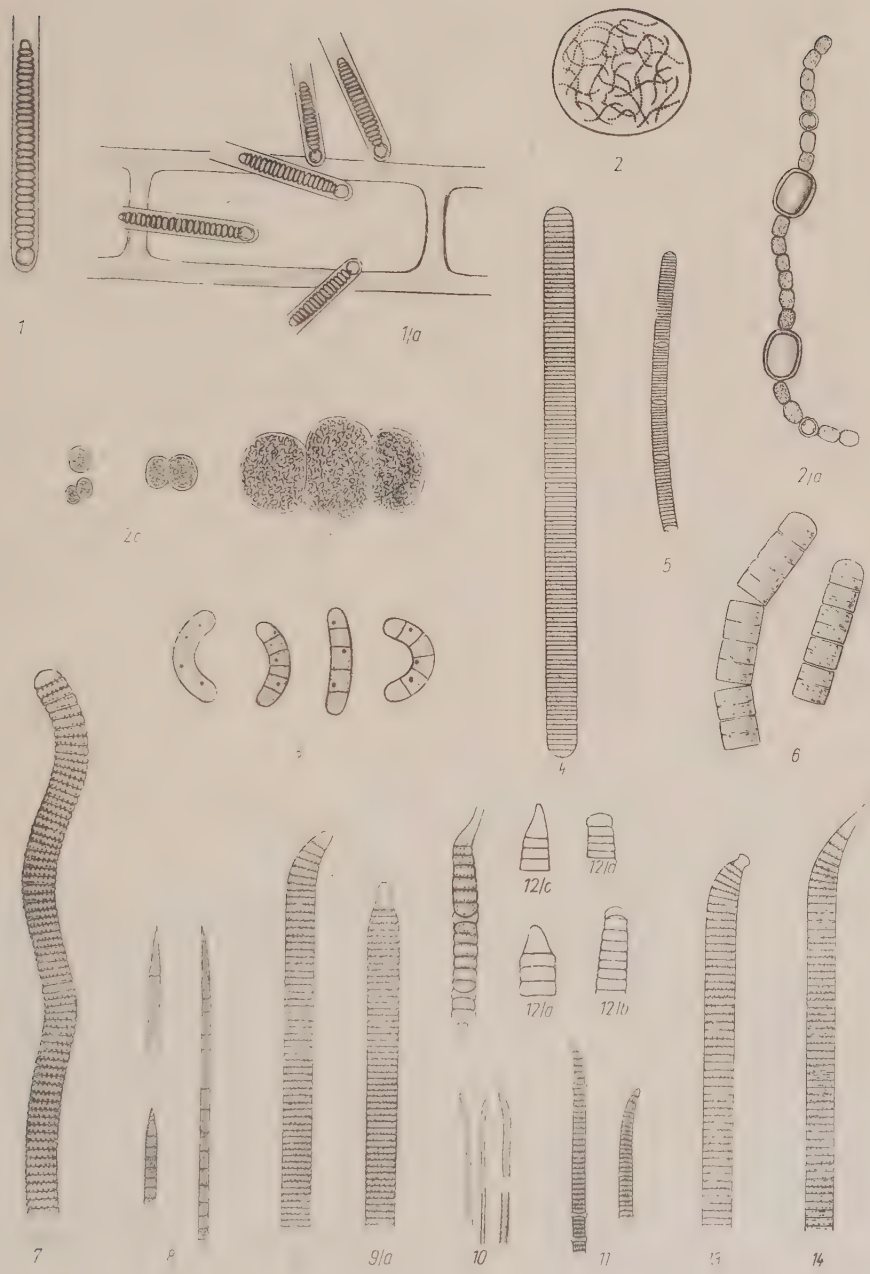
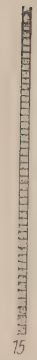
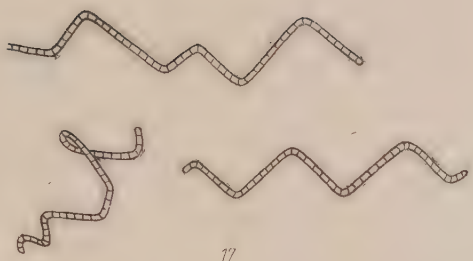

1
1/a
2
2/a
2c
3
4
5
6
7
8
9/a
10
11
12
12/a
12/b
12/c
13
14

Table II

15 Phormidium treleasei GOM. fa. *breviarticulata* CLAUS, 1800 ×; *16 Phormidium bigranulatum* GARDN. fa. *brevicellulata* CLAUS, 1800 ×; *17 Phormidium antarcticum* W. et G. S. WEST 1200 ×; *18 Phormidium tenuissimum* WORONICH, 1800 ×; *19 Phormidium lignicola* FRÈMY, 1800 ×; *20 Phormidium subtruncatum* WORONICH. var. *constrictum* CLAUS 1800 ×; *21 Phormidium luridum* (KÜTZ.) GOM. emend. CLAUS, 600 ×; *22 Phormidium luridum* according to GOMONT, 480 ×; *23 Phormidium subcapitatum* according to BOYE-PETERSEN, 720 × cca.; *24 Lyngbya norgardhii* WILLE fa. *schirschowiana* ELENK. Habital picture of some filaments laying in their whole length on the surface of *Cladophora*, 300 ×; *25 Lyngbya distincta* (NORDST.) SCHMIDLE, 1800 ×; *26 Lyngbya borgertii* LEMM., 1200 ×; *27 Lyngbya erebii* G. et W. S. WEST var. *thermalis* CLAUS, 1800 ×; *28 Lyngbya martensiana* MENEGH. fa. Habital picture of a bundle of filaments, 60 ×; *27a* same as above; outside surface of sheath, showing the spiral structure of the encircling crack, 300 ×; *29b* same as above; the sheath is cracked along a spiral line, 300 ×; *28c* same as above; mature filament, 600 ×; *28d* same as above; entire trichome sliding out from the sheath, 600 ×; *28e* same as above; nude trichome assuming spiral structure and freely moving in water, 300 ×; *28f* same as above; fast dividing trichome with very short cells, 600 ×.


15

16


17

18

19

23

20

21

22

24

25

26

27

28.a

28.b

28.c

28.d

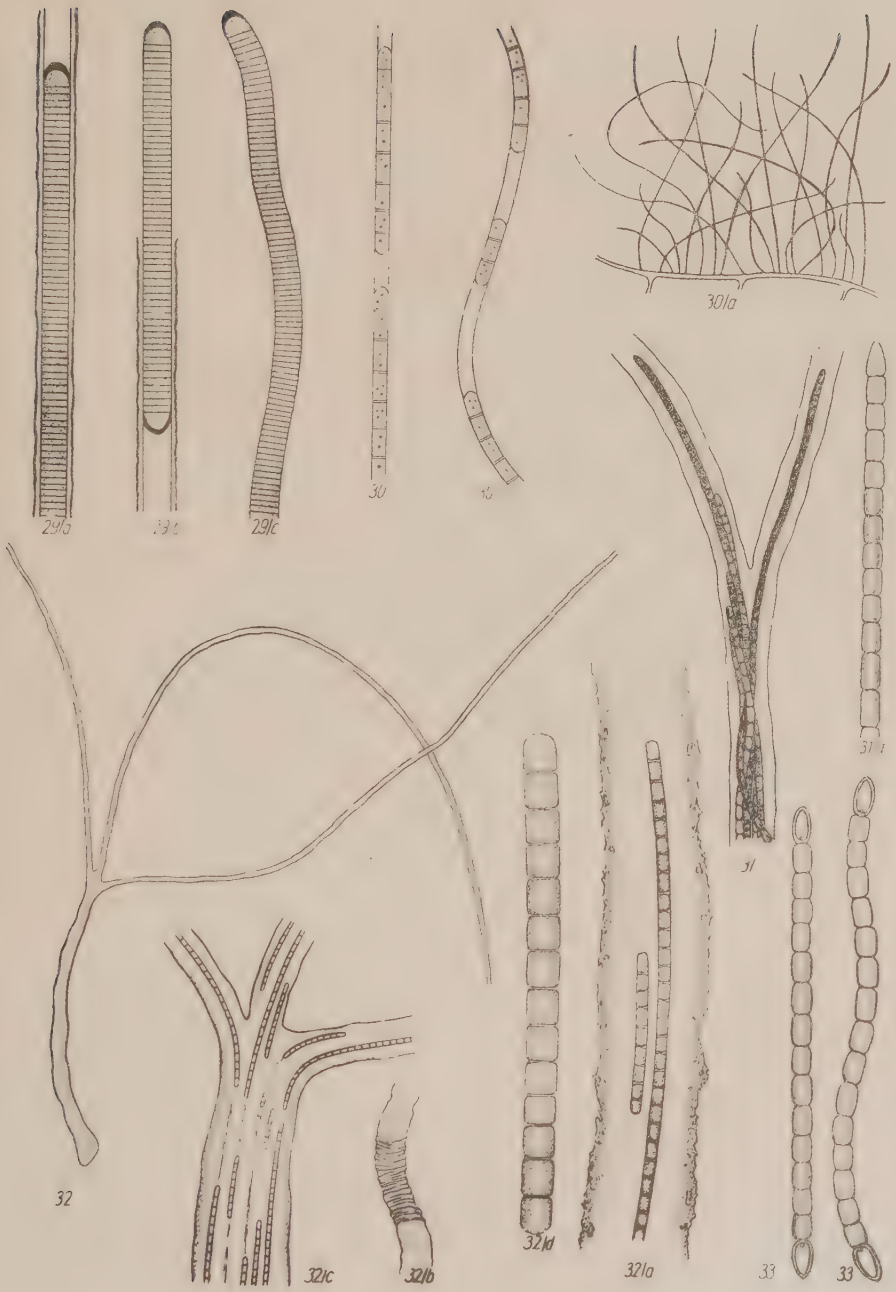
28.e

28.f

28

Table III

29a Lyngbya biebliana CLAUS, 600 ×; *29b* same as above; trichome sliding out of its sheath; 600 ×; *29c* same as above; nude trichome assuming spiral structure and freely moving in water, 600 ×; *30 Lyngbya kossinskajae* ELENK. var. *gracilis* CLAUS, 1200 ×; *30a* same as above; habital picture, filaments attached on *Cladophora*, 180 ×; *31 Schizothrix bosniaca* (HANSG.) GEITL. emend. CLAUS; habital picture of a plant, 300 ×; *31a* same as above; solitary trichome, 600 ×; *32 Dasygloea höfleriana* CLAUS, habital picture of a plant, 30 ×; *32a* same as above; filament after branching with freely opened end, 600 ×; *32b* same as above; outer surface of a side branch showing plicae at the curvatures, 180 ×; *32c* same as above; filament at site of branching, 180 ×; *32d* same as above; solitary trichome, 1800 ×; *33 Anabaenopsis raciborskii* WOŁOS, 1200 ×.


29/a
29/c
30
30/a
31
32
32/c
32/b
32/d
32/a
33
33

Kützing, F. T., 1833: Systematische Zusammenstellung der niederen Algen-Gattungen und Arten. Linnaea, **8**, 365—384.

— 1833—1836: Algarum Aquae Dulcis Germanicarum. Decas I—XVI. Halis Saxonum.

— 1843: Phycologia Generalis. 145—243. Leipzig.

Löffler, H., 1957: Vergleichende limnologische Untersuchungen an den Gewässern des Seewinkels (Burgenland). I. Der winterliche Zustand der Gewässer und deren Entomostrakenfauna. Verhandl. Zool. Bot. Ges. Wien, **97**, 27.

— 1959: Zur Limnologie, Entomostraken- und Rotatorienfauna des Seewinkelgebietes (Burgenland, Österreich). Sitzungsber. Öst. Akad. Wiss., Wien, Abt. I, **168**, 315—370.

Rabenhorst, L., 1849—1876: Die Algen Europa's (Exiccata) No. 1—2480. Dresden.

Schiller, J., 1952: Über neue Chrysomonaden aus dem schwach salzhaltigen Wasser des Neusiedler Sees. Schweiz. Zeitschr. Hydrologie **14**, 2, 456—451.

— 1955: Untersuchungen an den planktischen Protophyten des Neusiedler Sees, 1950—1954. I. Teil. Wiss. Arbeiten aus dem Burgenland. **9**, 1—66.

Schmidle, W., 1897: Algologische Notizen. IV. Einige neue und seltene Algen aus Polynesien. Allg. Bot. Zeitschr. **4**, 57—58.

— 1901—1902: Schizophyceae. Conjugatae. Chlorophyceae. In Engler: XXII. Berichte über die botanische Ergebnisse der Nyasse-See- und Kinga-Gebirgs-Expedition., Englers Bot. Jahrb. f. Syst. Pflanzengesch. u. Pflanzengeog. **30**, 239—259.

Skuja, H., 1937: Süßwasseralgen aus Griechenland und Kleinasien. Hedwigia **77**, 15—70.

— 1948: Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Sweden. Symb. Bot. Upsal. **9**, 3, 1—400.

— 1956: Taxonomische und Biologische Studien über das Phytoplankton Schwedischer Binnengewässer. Nov. Acta. Reg. Soc. Sci. Upsal. Ser. IV. **16**, 3, 1—404.

Utermöhl, A., 1925: Limnologische Planktonstudien. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. **5**, 1—527.

Wille, N., 1922: Algen aus Zentralasien. In Sven Hedin: Southern Tibet **6**, 3, 153—195. Stockholm.

Wittrock, V. B., Nordstett, O., 1893: Algae aquae dulcis exiccata. (Fasc. 1—25.) No. 1—1200. Stockholm.

Dr. George Claus
New York University
Colleg of Medicine
550 First Avenue
New York 16, USA

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	542—561

Fritz Gessner

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Manaus, Brasilien

Der Sauerstoffhaushalt des Amazonas

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 542
II. Die Schwankungen des Wasserstandes 543
III. Die Strömungsgeschwindigkeit 545
1. Strömungsmessungen im Rio Negro vor Manaus 546
2. Strömungsmessungen im Solimões 547
3. Strömungsmessungen im Amazonas 547
IV. Die Temperaturverhältnisse des Amazonas 548
V. Der Sauerstoffgehalt 549
1. Die Sauerstoffzehrung 549
2. Der Sauerstoff im Wasser der Überschwemmungswälder 551
3. Die Jahreskurve des Sauerstoffes im Rio Negro 552
4. Der Sauerstoffgehalt des Amazonas zwischen Manaus und Belem 553
5. Der Einfluß des Bewegungszustandes des Wassers auf den Sauerstoffgehalt . . 554
6. Die „Nebenflußseen“ 555
7. Der Sauerstoffgehalt in den drei Flußtypen Amazoniens 557
VI. Zusammenfassung 560
Literatur 561

I. Einleitung

Jedem Limnologen ist die entscheidende Rolle bekannt, die der Sauerstoff in der Geschichte der Limnologie gespielt hat, ist doch die Menge an gelöstem Sauerstoff ein Generalindikator für physikalisches, chemisches und biologisches Geschehen im Wasser.

Die Temperatur bestimmt die Schnelligkeit der O_2-Zehrung, verursacht Dichteschichtungen und ist dafür verantwortlich, mit welcher O_2-Menge sich das Wasser mit der Luft im Gleichgewicht befindet, Bewegungsvorgänge mannigfacher Art sorgen dafür, daß dieses Gleichgewicht erreicht oder angestrebt wird, wogegen chemische Prozesse als Ausdruck biologischen Geschehens ein Abweichen von diesem Sättigungswert nach unten und nach oben bedingen. Im tatsächlich gefundenen Sauerstoffwert haben wir somit die Gesamtbilanz all dieses Geschehens vor Augen. Die Zahlen, wieviel mg Sauerstoff im Wasser gelöst sind oder zu wieviel Prozent das Wasser mit Sauerstoff gesättigt ist, sind also wie keine anderen geeignet, uns Einblick in das Gesamtgeschehen zu gewähren, das sich im Wasser abspielt. Bekanntlich waren es Erkenntnisse dieser Art, die seinerzeit zur Aufstellung der Seentypenlehre geführt haben.

In dieser Arbeit soll der Versuch gemacht werden, unter dem Gesichtspunkt des Sauerstoffhaushaltes die limnologischen Vorgänge im Amazonas in ihren wichtigsten Prozessen zu erfassen und deren wechselseitige Beeinflussung zu charakterisieren.

Bluntschli (1921) hat einmal die Amazonasniederung einen „harmonischen Organismus" genannt. Wir glauben, daß es vom begrifflichen Standpunkt aus nicht zweckmäßig ist, einen See, einen Fluß oder gar eine Landschaft mit einem Organismus zu identifizieren, hierbei von einen „Überorganismus" oder einem „Organismus höherer Ordnung" zu sprechen, wie das auch heutzutage noch oft geschieht, der Organismus als Bild und Gleichnis dagegen betrachtet, weist uns darauf hin, daß in der Natur Systeme bestehen, deren Glieder und Teilvorgänge so aufeinander abgestimmt sind wie dies beim lebenden Organismus der Fall ist.

Angaben über den Sauerstoffgehalt des Amazonas und seiner Nebenflüsse finden sich bei Sioli, Braun und Gessner und werden an entsprechenden Stellen dieser Arbeit berücksichtigt werden. Bisher aber wurde nicht der Versuch gemacht, die Sauerstoffwerte untereinander oder mit anderen Faktoren in einen räumlichen oder zeitlichen Zusammenhang zu bringen und sie damit zum Ausdruck des limnologischen Gesamtgeschehens zu machen. Dies zu tun, ist die Aufgabe dieser Arbeit. Sie bezieht sich auf drei Aufenthalte am Amazonas, welche durch Einladungen des Conselho Nacional de Pesquisas in Rio ermöglicht worden sind und sich — mit Ausnahme des Februar und Juni — auf das ganze Jahr erstrecken. Gemessen an der Größe des Untersuchungsgebietes ist die Gesamtdauer meines Aufenthaltes sehr kurz; doch hoffe ich, daß sich aus den vorhandenen Werten einige allgemeine Gesichtspunkte herausarbeiten lassen.

II. Die Schwankungen des Wasserstandes

Das gewaltigste und eindruckvollste Phänomen in der Landschaft der Amazonasniederung ist die rhythmische Pegelschwankung der Flüsse, eine Erscheinung, die bisher nirgends ausführlich dargestellt wurde und über die wir auch in der ausführlichen „Hydrographia do Amazonas" von Augusto Octaviano Pinto keine Angaben finden.

Die Niederschläge sind im Amazonasgebiet sehr ungleichmäßig über das Jahr verteilt, wie folgende Tabelle erkennen läßt.

Tabelle 1. Monatssummen der Niederschläge in mm in Mittelwerten aus 25 Jahren (1935—1960) bei Taperinha

I	194,0	VII	112,9
II	279,9	VIII	50,7
III	345,0	IX	39,0
IV	367,0	X	39,8
V	298,7	XI	86,8
VI	167,9	XII	109,0

Wir erkennen, daß die Monate August bis November eine ausgesprochene Trockenzeit darstellen, während in der Zeit zwischen Februar und Mai die meisten Niederschläge fallen. Das Jahresmittel betrug für den genannten Zeitraum 2091,4 mm. Die hier für Taperinha, ein Ort etwa 40 km flußabwärts von Santarem gelegen, aufgeführten Werte sind nicht für das ganze Amazonasgebiet charakteristisch. Eine ähnliche Niederschlagsverteilung finden wir an der Amazonasmündung bei Belem,

nur liegt hier die Jahressumme weit höher (2804,7 mm), dem gleichen Rhythmus begegnen wir auch in Manaus, dem Zusammenfluß von Rio Negro und Solimões, wogegen am oberen Rio Negro (Uaupes) Regen- und Trockenzeit nur schwach ausgeprägt sind (SIOLI 1956).

Die ungleiche monatliche Niederschlagsverteilung findet im Rhythmus der Pegelschwankungen ihren sichtbarsten Ausdruck. Soweit mir bekannt, werden im Bereich des brasilianischen Amazonas nur an zwei Stellen fortlaufend Pegelregistrierungen durchgeführt. Der eine Ort ist der Hafen von Manaus am Rio Negro, wo solche Aufzeichnungen bereits seit vielen Jahrzehnten durchgeführt werden und die jeweiligen höchsten Wasserstände an der Mauer neben der Brücke markiert sind, die zum schwimmenden Hafen hinausführt. Die zweite Stelle ist der schon genannte Ort Taperinha, wo die Pegelmessungen von Frl. ERIKA HAGMANN am Ayaya, einem kleinen rechtsseitigen Seitenarm des Amazonas vorgenommen werden, und zwar um 8 Uhr 15 früh und um 17 Uhr 15 nachmittags, um den Einfluß der hier schon sehr stark merkbaren Gezeiten auszuschalten.

In den Abbildungen 1 und 2 sind jeweils für einige Jahre die Pegelkurven wiedergegeben. Wir erkennen, daß bei Taperinha der höchste Wasserstand in der Regel im Mai erreicht wird, bei Manaus erst im Juni. Der auffallendste Unterschied, der durch

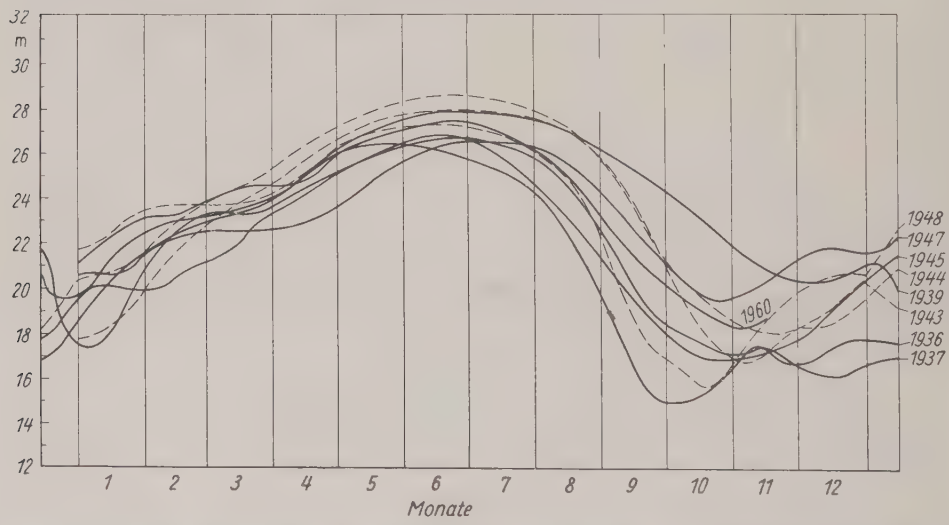


Abb. 1. Jahresschwankungen des Wasserstandes im Rio Negro bei Manaus bezogen auf den mittleren Wasserstand. (Nach Aufzeichnungen der Booth-Line im Hafen von Manaus, mit Genehmigung des Britischen Konsulats in Manaus.)

die beiden Abbildungen deutlich wird, betrifft jedoch die Unterschiede zwischen niedrigstem und höchstem Wasserstand. Bei Taperinha beträgt er 5 bis 6 m, bei Manaus etwa 10 m. Da nun die Amazonasniederung großenteils aus niedrigem Schwemmland besteht, das sich nur wenig über den Wasserspiegel erhebt, bedeutet dies, daß zur Hochwasserperiode weiteste Gebiete überflutet sind, und zwar nach Westen gerichtet in stark steigendem Ausmaß. Diese Überflutung ausgedehnter

Waldgebiete — Igapó — zwischen April und August jeden Jahres hat, wie noch gezeigt werden wird, entscheidenden Einfluß auf den Sauerstoffhaushalt des Amazonas.

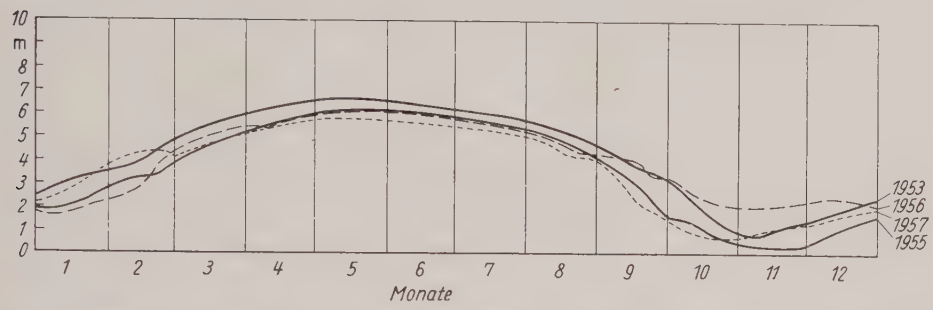


Abb. 2. Jahresschwankungen des Wasserstandes des Amazonas bei Taperinha (östlich von Santarem). (Nach täglichen Messungen von E. Hagmann im Ayaya). Die Bezugsgröße ist hier willkürlich und entspricht etwa dem tiefsten Wasserstand.

Während nun flußabwärts die jährlichen Unterschiede zwischen Hoch- und Niederwasser immer mehr abnehmen, gewinnen die täglichen Gezeitenunterschiede unterhalb von Obidus immer mehr an Bedeutung. Sie kombinieren sich zunächst mit den Jahresschwankungen und spielen schließlich im Bereich des Mündungsgebietes des Amazonas, wo der Tidenhub mehrere Meter beträgt, die dominierende Rolle. Auch dieses Geschehen drückt sich im Sauerstoffhaushalt des Amazonas aus, wie weiter unten nachgewiesen werden wird.

Die jährlichen Pegelschwankungen des Amazonas und ihre Kombination mit den Gezeitenwellen bieten dem Hydrographen eine Reihe höchst interessanter Probleme, zu deren Lösung jedoch eine größere Zahl von Stationen nötig wäre, an denen fortlaufende Registrierungen des Wasserstandes durchgeführt werden müßten.

III. Die Strömungsgeschwindigkeit

Eng verbunden mit der Höhe des Wasserstandes ist die Strömungsgeschwindigkeit. Soweit mir bekannt, wurde sie bisher am Amazonas nur mit Hilfe von Schwimmkörpern bestimmt, wobei sich für den brasilianischen Teil dieses Flusses ein Mittelwert von 0,69 m/sec ergeben hat (Exkursionsführer Nr. 8 des 18. Internationalen Geographenkongresses in Rio de Janeiro 1956). Nun ist — besonders bei geringer Strömungsgeschwindigkeit — immer die Gefahr gegeben, daß durch windbedingte Verdriftung des Oberflächenwassers solche Strömungsmessungen verfälscht werden. Es wurde darum 1960 erstmals zur Strömungsmessung ein Ottflügel verwendet, der von der Versuchsanstalt für Wasserbau der Technischen Hochschule München geeicht worden war.

Nach je 50 Umdrehungen des Rades wurde ein Kontakt geschlossen, wodurch ein Glockensignal ertönte. Die Abstände zweier Signale wurden mit der Stoppuhr gemessen. Da das Meßgerät an einer Aluminiumstange befestigt war, auf die andere darauf geschraubt werden konnten, war es möglich, Messungen auch noch in Tiefen von einigen Metern auszuführen. Aus der Eichkurve, welche die Beziehung zwischen Umdrehungszahl pro Sekunde und Strömungsgeschwindigkeit in m/sec angibt, wurde eine Kurve gewonnen, welche gestattete, aus dem Se-

kundenabstand zweier Glockensignale sofort den m/sec-Wert zu ermitteln. Selbstverständlich mußten die Strömungsmessungen vom verankerten Schiff aus durchgeführt werden, und dies bedeutete die eigentliche Schwierigkeit bei der Strömungsmessung, da in großen Tiefen, die sogar 100 m erreichen, — der Boden des Amazonas liegt an solchen Stellen weit unter dem Meeresniveau — eine Verankerung nicht möglich war. Dieser Umstand ist auch die Ursache, daß nur wenige Strömungsmessungen durchgeführt werden konnten.

Während die Pegelschwankungen in allen Teilen eines Gewässersystems, die miteinander zusammenhängen, äußerst gleichmäßig verlaufen und jede Stelle somit als Repräsentant für das ganze System gelten kann, soferne dieses nicht zu große Dimensionen besitzt, ist die Strömungsgeschwindigkeit schon auf kleinstem Raum größten Unterschieden unterworfen. Diese Unterschiede sind es, die sich in den verschiedenen Sedimentationsbedingungen kundtun, und gemeinsam mit den Pegelschwankungen formen sie das Quartärgebiet des Amazonas (SIOLI 1957).

Infolge des geringen Gefälles, das im Durchschnitt nur 20 mm/km beträgt, muß die Strömungsgeschwindigkeit des Amazonas insgesamt als gering bezeichnet werden, wenngleich auch örtlich recht hohe Geschwindigkeiten gefunden werden können. Nach SIOLI liegt der Durchschnitt zur Trockenzeit zwischen 0,5 und 1 m/sec, zur Regenzeit zwischen 1 und 2,5 m/sec.

1. Strömungsmessungen im Rio Negro vor Manaus

Am 5. August 1960 wurden auf einem Schnitt durch den Rio Negro vor Manaus an 5 Stationen Strömungsmessungen in 0,1 und 2 m Tiefe durchgeführt, wobei die Station I etwa 100 m vom rechten Ufer, die Station V etwa 100 m vom linken Ufer entfernt waren. Es ergaben sich folgende Mittelwerte in m/sec:

I	II	III	IV	V
0	0,16	0,30	0,40	0,54

Wir sehen, daß der Rio Negro auf seiner rechten Flußseite, dort, wo er selbst bei hohem Wasserstand wenig tiefer als 10 m ist und sein Lauf vielfach durch Überschwemmungswald abgebremst wird, fast keine Strömung (oder eine solche, die nur wenige cm/sec beträgt) aufweist, während der Strom am linken Ufer, wo er Tiefen von 40 m erreicht oder übertrifft, mit einer Geschwindigkeit von über 0,5 m/sec dahinfließt. Für die Hygiene der Großstadt Manaus ist dies insofern von entscheidender Bedeutung, als die in den Rio Negro geleiteten Abwässer rasch entfernt werden und auch die „Flutuantes" (Hütten, die auf Balken schwimmen und in großer Zahl beisammen stehen) hinreichend durchspült werden, so daß noch erträgliche Bedingungen gegeben sind.

An Station V, die durch eine große verankerte Tonne gekennzeichnet war, wurde am 16. November 1960, also zur Zeit des tiefsten Wasserstandes als Mittelwert von 16 Einzelmessungen eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,17 m/sec bestimmt, am 24. November an der gleichen Stelle aus 18 Einzelmessungen ein Mittel von 0,15 m/sec gefunden. Am 19. September, also bei stark fallendem Wasserstand hatten 13 Messungen an der gleichen Stelle einen Mittelwert von 0,4 m/sec ergeben. Es zeigt sich somit für die jeweiligen maximalen Strömungswerte des Rio Negro vor Manaus ein enger Zusammenhang zwischen Pegelstand und Strömungsgeschwindigkeit und es darf angenommen werden, daß die Maximalwerte bei höchstem Wasserstand 4- bis

5fach (und vielleicht noch höher) über den Maximalwerten bei tiefstem Wasserstand liegen.

Wöchentliche, über das ganze Jahr hindurch fortgesetzte Untersuchungen müßten zeigen können, wie eng die Beziehungen zwischen Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit sind und welchen Einfluß die aufstauende Wirkung des Solimões hierbei ausübt.

2. *Strömungsmessungen im Solimões*

Am 9. August 1960 wurde knapp oberhalb der Ilha dos Merchantes, einige km vor dem Einstrom des Rio Negro ein Schnitt durch den Solimões gelegt, die Lancha an 7 Stellen verankert und an diesen die Strömung gemessen. Station I lag etwa 20 m vom rechten Ufer, Station VII etwa 20 m vom linken Ufer entfernt. Die dazwischen liegenden Stationen teilten den Fluß in etwa gleiche Stücke auf. Es ergaben sich dabei folgende Werte in m/sec:

I	II	III	IV	V	VI	VII
0,78	1,3	0,9	0,9	1,3	0,53	0,40

An den beiden Ufern ist die Strömungsgeschwindigkeit verständlicherweise herabgesetzt, im Hauptstrom fließt das Wasser mit einer Geschwindigkeit, die etwa doppelt so hoch ist wie die maximale Strömungsgeschwindigkeit des Rio Negro um die gleiche Zeit. Alle Werte sind Mittel aus 10 Einzelmessungen.

Kurz vor dem Zusammenfluß des Solimões und des Rio Negro wird ein Teil des Solimões-Wassers in den Parana do Careiro abgedrängt, in dem am 9. August 1960 eine Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 m/sec gemessen wurde, die also noch über dem im Solimões gefundenen Maximalwert lag.

Leider stand im November kein geeignetes Schiff zur Verfügung, um auch bei tiefstem Wasserstand die Strömungsmessungen im Solimões zu wiederholen.

3. *Strömungsmessungen im Amazonas*

Diese stießen insofern auf große Schwierigkeiten, als es nicht gelang, die Lancha in dem hier sehr tiefen Flußbett zu verankern. In einer Entfernung von etwa 20 km unterhalb des Zusammenflusses von Rio Negro und Solimões befindet sich jedoch ziemlich in Flußmitte ein Leuchtturm, der hier vor einer felsigen Untiefe warnen soll. Im Bereiche dieses Leuchtturmes wurde eine große Zahl von Strömungsmessungen durchgeführt, die im Mittel einen Wert von 1,5 m/sec ergaben (Messungen am 11. August 1960).

Den Eingeborenen sind die Strömungsverhältnisse ihrer Flüsse wohl vertraut und sie nützen diese Kenntnisse für die Schiffahrt aus. So benützen sie zur Fahrt flußabwärts zumeist die Stellen stärkster Strömung, zur Fahrt flußaufwärts dagegen jene Flußteile, die die geringste Strömung besitzen.

An dieser Stelle soll noch nichts über die Strömungsverhältnisse in den vielen kleinen Nebenflüssen gesagt werden, die dem Amazonas und dem Rio Negro von der Tierra firme zufließen. Wir werden auf diese interessanten Verhältnisse in anderem Zusammenhang zurückkommen.

IV. Die Temperaturverhältnisse des Amazonas

Zu ihrer Beurteilung ergeben sich folgende Fragen: Welche Temperaturunterschiede sind gleichzeitig in horizontaler Richtung vorhanden? Wie groß sind die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen? Unter welchen Bedingungen ist eine vertikale Temperaturschichtung anzutreffen?

Um die erste dieser Fragen zu beantworten, seien die Temperaturmessungen zusammengestellt, welche während einer Fahrt mit dem SNAPP-Dampfer „Lobo de Almada" zwischen Belem und Manaus durchgeführt worden sind. Das Schiff verließ den Hafen von Belem am 9. September 1960 um 21 Uhr 45 und traf im Hafen von Manaus am 16. September um 1 Uhr früh ein. Auf dieser Reise wurden an etwa 70 Stellen zu allen Tages- und Nachtzeiten Proben von Oberflächenwasser geschöpft und deren Temperatur gemessen.

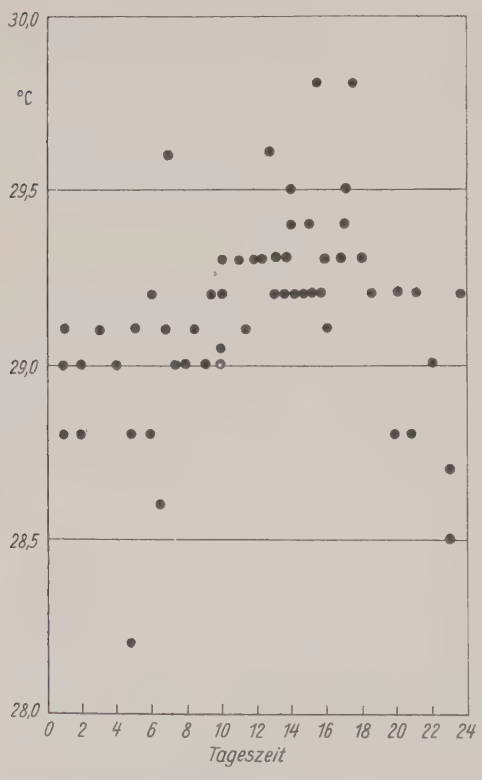


Abb. 3. Oberflächentemperaturen im Amazonas zwischen Belem und Manaus, im September 1960, nach der Tageszeit geordnet.

Die Werte lagen zumeist zwischen 29 und 29,5 °C, ein mit dem Flußlauf gerichteter Temperaturgradient war nicht vorhanden. Der Amazonas darf also zwischen Belem und Manaus als völlig gleich temperiert angesehen werden. Werden die gemessenen Temperaturen nach der Tageszeit zusammengestellt, zu der sie bestimmt worden sind (Abb. 3), so zeigt sich, daß die Tageswerte zumeist höher liegen als die Nachtwerte. Diese tägliche Temperaturamplitude, welche sicherlich durch die jeweiligen Witterungsbedingungen stark beeinflußt wird, muß auch bei der Frage berücksichtigt werden, ob jahreszeitliche Temperaturunterschiede vorhanden sind. Nach Messungen an der meteorologischen Station in Manaus (GESSNER 1960b) beträgt das Monatsmittel der Temperatur im Januar 26,6 und im Februar 26,7 °C. Die heißesten Monate sind September und Oktober mit 28,2 °C. Der Unterschied zwischen kältestem und heißestem Monat beträgt also nicht mehr als 1,5 °C. Es ist zu erwarten, daß auch diese geringe Jahresschwankung auf die Wassertemperatur Einfluß übt, doch wird sie weitaus überlagert von der täglichen Amplitude und kurzfristigen Witterungsunterschieden. Von einer bestimmten Stelle im Rio Negro vor Manaus liegen mir 14 über das ganze Jahr verteilte Temperaturmessungen vor. Da diese jedoch zu verschiedenen Tageszeiten vorgenommen worden sind, gestatten sie keine Aussage über jahreszeitliche Unterschiede (Tabelle 2).

Um wirklich die Jahresamplitude zu erfassen, müßten tägliche Temperaturmessungen (am besten früh und nachmittags) an der gleichen Stelle ausgeführt werden Da aber auf jeden Fall solche jahreszeitlichen Unterschiede in der gleichen Größenordnung liegen dürften wie die Unterschiede der Lufttemperatur und sonach ihre direkte

Tabelle 2. Temperaturmessungen im Rio Negro (0 m) vor Manaus (Die Werte sind aus verschiedenen Jahren zusammengezogen.)

Datum	Tageszeit	°C	Datum	Tageszeit	°C
25. 3.	?	29,0	30. 7.	16.40	27,8
24. 4.	16.00	28,7	8. 8.	14.00	29,9
25. 4.	8.35	28,8	16. 8.	?	30,5
28. 4.	8.45	28,9	19. 9.	10.45	29,2
28. 4.	16.10	28,8	19. 10.	8.35	29,0
1. 5.	14.00	29,3	11. 11.	15.15	30,2
6. 5.	?	29,8	20. 12.	9.30	28,7

ökologische Wirkung vernachläßigt werden kann, erscheint es als wenig sinnvoll, solche Serien von Temperaturmessungen durchzuführen. Anders verhält es sich mit den indirekten Wirkungen von Temperaturunterschieden, von denen noch zu sprechen sein wird.

Wie bereits früher nachgewiesen (Gessner 1960b) ist im Hauptstrom des Amazonas und des Rio Negro — erwartungsgemäß — keine vertikale Temperaturschichtung größeren Ausmaßes vorhanden. Die täglichen Temperaturschwankungen bleiben auf die obersten Meterschichten beschränkt.

V. Der Sauerstoffgehalt

1. Die Sauerstoffzehrung

Die Sauerstoffbestimmungen wurden mit der Winkler-Methode durchgeführt. Wiederholt wurden Wasserproben mit Luft geschüttelt, wonach sich der Sollwert der O_2-Sättigung für die entsprechende Temperatur einstellte. Die Winkler-Methode war also, trotz des Gehaltes an gelösten Humusstoffen zuverlässig.

Wie allgemein bekannt, ist der bakterielle Abbau der organischen Substanzen im Wasser mit Verbrauch an gelöstem Sauerstoff verbunden, durch den der O_2-Gehalt des Wassers vermindert wird. Es wird nun zu fragen sein, in welchem Ausmaß die Prozesse im Amazonas ablaufen.

Wir dürfen annehmen, daß die Sauerstoffzehrung einerseits (der biochemische Sauerstoffbedarf, BSB) von der Menge der im Wasser vorhandenen organischen Substanz und andererseits — gleiche Temperaturbedingungen vorausgesetzt — von jenen chemischen Faktoren abhängt, welche die Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien bestimmen (Stangenberg 1959).

Über die Menge an gelöster organischer Substanz in den Gewässern des Amazonas sind wir nur sehr wenig unterrichtet, da sich die wenigen, bisher durchgeführten Bestimmungen auf den Permanganatverbrauch beziehen und die Fehlerquellen dieser Methode allgemein bekannt sind. Freilich ist kaum eine bessere Methode an ihre Stelle zu setzen, die sich routinemäßig anwenden ließe.

In verschiedenen seiner Veröffentlichungen teilt SIOLI die Flüsse Amazoniens in Weißwasser-, Schwarzwasser- und Klarwasserflüsse und ermöglicht so eine erste Orientierung nach optischen Gesichtspunkten. Da die oft tiefbraune Farbe der Schwarzwässer auf den hohen Gehalt an gelösten Humusstoffen zurückgeführt werden muß, kann bei dieser Einteilung leicht der Eindruck entstehen, daß die Schwarzwässer weit reicher an gelösten Humussubstanzen seien als die Weißwässer. Ein solcher Schluß wäre jedoch vorschnell, denn wenn man Weißwasser in einem Zylinderglas ruhig stehen läßt, bis sich die Suspensoide abgesetzt haben, erkennt man auch hier oft deutlich eine braune Farbe, die auf das Vorhandensein großer Mengen an gelösten Humusstoffen hinweist. Und vom Flugzeug aus kann man sehen, daß Varzea-Seen, die bei sinkendem Wasserstand den Kontakt mit einem Weißwasserstrom verlieren, sich in kurzer Zeit in einen dunklen Schwarzwassersee verwandeln. Wir müssen also die Frage offen lassen, wie groß der Gehalt an gelösten organischen Substanzen in den drei Flußtypen des Amazonas ist, wenn auch zugegeben werden muß, daß die Bedingungen zur Entstehung gelöster Humussubstanzen (geringer Elektrolythgehalt, niederer pH-Wert) in den Schwarzwasserflüssen besser sind als in den Weißwasserflüssen.

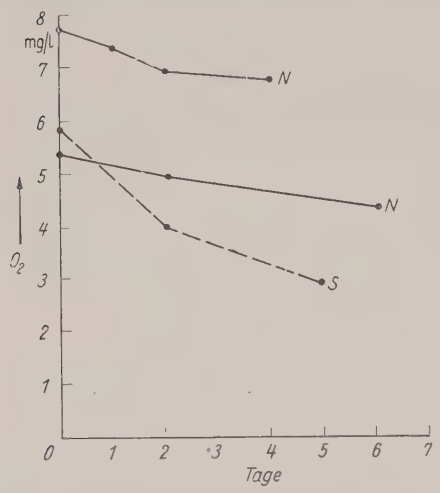


Abb. 4. Die Sauerstoffzehrung im Wasser vom Rio Negro (N) und vom Solimões (S). Bei der oberen N-Kurve wurde das Wasser zunächst mit Luft geschüttelt, so daß sein O_2-Gehalt fast dem Sättigungswert entsprach.

Zur Untersuchung der Sauerstoffzehrung wurde Flußwasser in eine Serie von Glasstöpselflaschen gefüllt und im Dunkeln bei Temperaturen zwischen 28 und 30 °C aufbewahrt. In Abständen von 1 bis 2 Tagen wurde der O_2-Gehalt bestimmt. Leider spielten Untersuchungen dieser Art im bisherigen Forschungsprogramm des Verfassers nur eine geringe Rolle und können kaum mehr als eine Anregung zu weiteren Untersuchungen darstellen. In Abb. 4 sind einige Zehrungskurven zusammengestellt, die überraschenderweise erkennen lassen, daß die O_2-Zehrung im Weißwasser des Solimões offenbar größer ist als im Schwarzwasser des Rio Negro. Wir werden nicht fehlgehen in der Annahme, daß der höhere pH-Wert und Elektrolythgehalt im Weißwasser die Bakterienvermehrung begünstigen und damit die Sauerstoffzehrung beschleunigen.

Selbstverständlich darf nicht angenommen werden, daß die Sauerstoffzehrung im Rio Negro überall gleich ist. Wasserproben, welche auf einem Fluge zum oberen Rio Negro am 16./17. Dezember 1956 genommen worden sind, ergaben folgende Werte (Tab. 3 S. 551).

Die Reihenfolge der Stationen, die flußwärts gerichtet ist, läßt eine gewisse umgekehrte Proportionalität zwischen O_2-Gehalt und O_2-Zehrung erkennen, doch ist das Zahlenmaterial zu gering, um sichere Schlüsse zu ziehen. Beziehungen der Zehrung zum pH, Elektrolythgehalt und Lichtabsorption waren nicht erkennbar.

Tabelle 3

Ort	O_2 mg/l	O_2-Zehrung in 72 Stunden in mg/l
Cucui	6,86	1,52
Taracua	6,96	2,21
Uaupes	6,91	0,8
Tapurucuara	6,22	0,6
Barcelos	5,44	0,54
Carvoeiro	4,23	0,34

Bei weiteren Untersuchungen des Sauerstoffhaushaltes wird es von entscheidender Bedeutung sein, die Bedingungen zu erforschen, welche die Sauerstoffzehrung beeinflussen. Da solche Untersuchungen keine besonderen apparativen Einrichtungen erfordern, seien sie schon der heutigen Amazonas-Limnologie als Aufgabe gestellt.

Verglichen mit den Zehrungswerten von Gewässern mittlerer Breiten müssen wir sowohl im Rio Negro wie im Solimões von einer außerordentlich hohen Sauerstoffzehrung sprechen, unzweifelhaft eine Folge der Wassertemperatur.

2. *Der Sauerstoff im Wasser der Überschwemmungswälder*

Bei steigendem Wasserstand geraten weite Waldgebiete — Igapó — unter Wasser. Hierdurch sind Bedingungen gegeben, welche in hohem Maße eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes im Wasser verursachen. Diese ist zunächst dadurch gegeben, daß das in den Igapó eindringende Wasser mit einer gewaltigen Menge an organischer Substanz in Berührung kommt, deren Abbau einen sehr hohen Sauerstoffschwund bedingen muß. Zum anderen aber wird im Überschwemmungswald die Strömungsgeschwindigkeit praktisch zu null reduziert, wodurch sich der vertikale Austausch des Wassers und die Möglichkeit zur Einstellung eines Gleichgewichts mit der Luft verringert. Die Folge dieser beiden Umstände ist ein oft völliger Sauerstoffschwund, meist schon in 1 bis 2 m Tiefe des Überschwemmungswaldes, auf den schon Sioli bei seinen Untersuchungen am Arapiuns hingewiesen hat (1954).

In der folgenden Tabelle 4 ist die Sauerstoffschichtung an drei Stellen des Überschwemmungswaldes in der Umgebung von Manaus dargestellt:

Tabelle 4

Cacao Pirera 31. 3. 1959	Catalão 2. 4. 1959	Xiborena 8. 4. 1959
0 m 3,0 mg O_2/l	0 m 3.09 mg O_2/l	0 m 5,06 mg O_2/l
1 m 3,0 mg O_2/l	2 m 2,9 mg O_2/l	1 m 1,72 mg O_2/l
3 m 0,35 mg O_2/l	3 m 1,6 mg O_2/l	2 m 0,89 mg O_2/l

Der Überschwemmungswald stellt also zur Zeit des hohen Wasserstandes ein weit ausgedehntes Zehrgebiet für Sauerstoff dar, von welchem dem Flusse nicht nur sauerstoffarmes Wasser, sondern auch große Mengen organischer Substanzen zugeführt werden, die im Strom weiter abgebaut werden. So ist denn die Uferbeschaffenheit des Flusses von großer Bedeutung für seinen Sauerstoffgehalt, wie dies am Beispiel des

Rio Negro vor Manaus gezeigt werden kann. Die rechte, fast strömungsfreie Flußseite führt in ein weitverzweigtes Igapó-Gebiet, das linke Ufer ist steil, frei von Überschwemmungswald und hat hohe Strömungsgeschwindigkeit.

Tabelle 5. Sauerstoffgehalt im Rio Negro vor Manaus in mg O_2/l

	Rechtes Ufer	Flußmitte	linkes Ufer
5. 8. 1960	3,32	4,48	4,21
8. 8. 1960	3,36	4,48	4,16

Es liegt auf der Hand, daß derartige örtliche Unterschiede berücksichtigt werden müssen, wenn die Frage geprüft wird, ob in den Strömen des Amazonas ein Jahresgang im Sauerstoffgehalt existiert.

3. Die Jahreskurve des Sauerstoffes im Rio Negro

In Strommitte des Rio Negro wurden fast das ganze Jahr hindurch O_2-Bestimmungen durchgeführt und die Werte in Abb. 5 eingetragen. Allerdings mußten die Sauerstoffbestimmungen aus verschiedenen Jahren vereint werden. Die niedrigsten Sauerstoffmengen wurden im Juli und August, die höchsten im November und Dezember gefunden, es besteht somit ein enger Zusammenhang zwischen Wasserstand und Sauerstoffgehalt, auf den schon SIOLI in seiner Arapiuns-Arbeit (S. 494) hingewiesen hat. Bei steigendem Wasserstand werden immer weitere Teile der Ufervegetation überschwemmt und führen dem Flusse organisches Material zu, das hier abgebaut wird. Bald nach Überschreiten des höchsten Pegelstandes, also im Juli und August müssen die O_2-Werte im Fluß am niedrigsten sein, denn nun wird ja der größte Teil des sauerstoffarmen Wassers aus den Überschwemmungswäldern in den Fluß zurückgesaugt und erniedrigt hier den Sauerstoffgehalt. Zur Zeit des tiefsten Wasserstandes dagegen dürfen die höchsten O_2-Werte im Fluß erwartet werden, denn nun ist die Zufuhr organischer Substanzen und damit auch die Sauerstoffzehrung am geringsten. Wie bereits aus der Arbeit GESSNERS (1960b) (Tabelle 8, S. 64) hervorgeht, ist das Oberflächenwasser des Rio Negro vor Manaus im Juli, also bald nach Überschreiten des Pegelhöchststandes zu etwa 50% mit Sauerstoff gesättigt, im Dezember jedoch, bald nach Überschreiten des tiefsten Wasserstandes zu etwa 70%.

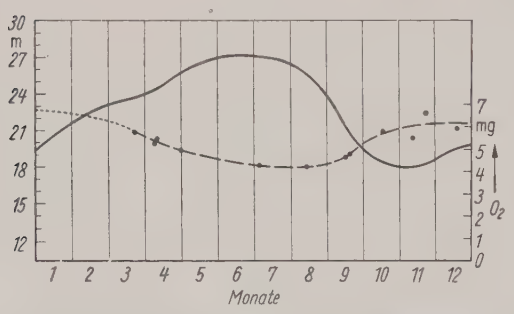


Abb. 5. Mittlere Jahreskurve des Pegelstandes (P) des Rio Negro bei Manaus (berechnet aus den Kurven der Abb. 1) und Sauerstoffgehalt (O_2) in Strommitte. Die O_2-Kurve mußte für Januar und Februar extrapoliert werden, da von diesen Monaten keine Sauerstoffwerte vorlagen.

Es muß hier darauf hingewiesen werden, daß in der eben genannten Tabelle bei den Sättigungswerten, die sich auf den 25. März 1959 beziehen, einige Druckfehler enthalten sind, die jedoch leicht zu erkennen sind, da jeweils die Temperaturen und die O_2-Werte in mg/l angegeben sind.

Die gleiche Beziehung zwischen Wasserstand und O_2-Gehalt konnte auch im Solimões (Strommitte) gefunden werden, wie folgende Zusammenstellung zeigt, die sich ebenfalls auf Messungen in verschiedenen Jahren bezieht:

Datum:	4. 4.	30. 7.	9. 8.	19. 9.	22. 11.	30. 12.
mg O_2/l	5,16	4,9	4,6	6,16	6,22	5,78

Wir erkennen also, daß die im Jahresrhythmus schwankenden Wasserstände der Flüsse des Amazonasgebietes von entscheidender Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt der Flüsse sind.

4. Der Sauerstoffgehalt des Amazonas zwischen Manaus und Belem

Wir stellten soeben fest, daß die Überschwemmungsgebiete den Flüssen Amazoniens jene großen Mengen organischer Substanzen zuführen, die für die Sauerstoffzehrung verantwortlich sind. Nun wurde bereits darauf hingewiesen, daß flußabwärts die Unterschiede zwischen höchstem und tiefstem Wasserstand stark abnehmen, und damit verringert sich auch das alljährlich überflutete Areal, aus dem den Flüssen organisches Material zuströmt, und es darf erwartet werden, daß dies nicht ohne Einfluß auf den Sauerstoffgehalt ist. Um diese Frage zu prüfen, wurden auf der bereits erwähnten Fahrt von Belem nach Manaus eine Anzahl von Sauerstoffbestimmungen des Oberflächenwassers durchgeführt, deren Werte in Abb. 6 zusammengestellt sind.

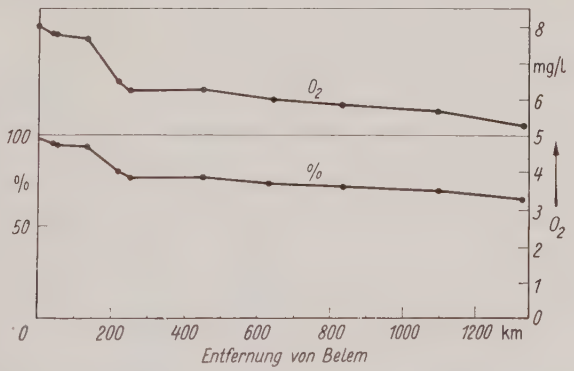


Abb. 6. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung im Oberflächenwasser des Amazonas mit zunehmender Entfernung von Belem (September 1960).

Als Abszisse wurde die Entfernung von Belem gewählt, wobei der Weg zugrunde gelegt wurde, den das Schiff genommen hatte. Wir erkennen im weiteren Bereich der Mündung zunächst noch hohe O_2-Werte, die nahe der Sättigung liegen. Für diese wurde eine Temperatur von 29 °C zugrunde gelegt, bei der das Wasser mit 8,1 mg O_2/l gesättigt ist. Wir befinden uns hier noch im Gebiet des Tocantins. Kurz bevor dieses System in die engen Kanäle von Breves übergeht, fällt der Sauerstoffgehalt sprunghaft ab, um von da an kontinuierlich weiter zu sinken. Unsere Annahme, der Sauerstoffgehalt des Amazonas würde gegen die Mündung hin zunehmen, konnte also bestätigt werden, wenn auch nicht in dem Maße, wie erwartet worden war.

Die entscheidenden Änderungen vollziehen sich im Mündungstrichter selbst. Hier kommt es infolge herabgesetzter Strömungsgeschwindigkeit zu einer erhöhten Sedi-

mentation, das Wasser wird durchsichtiger und ermöglicht eine üppige Phytoplanktonentfaltung, an der Diatomeen den Hauptanteil haben (GESSNER 1959). Durch deren photosynthetische Leistung erhöht sich der O_2-Gehalt oft bis weit über den Sättigungsgrad hinaus, was durch die folgende Tabelle 6 veranschaulicht wird.

Tabelle 6

Datum	Ort	°C	mg O_2/l	% O_2
8. 9. 1960	Belem-Hafen	—	7,90	97
8. 9. 1960	Icoaraci	28	8,04	98
27. 8. 1960	Vigia-Hafen	27,7	8,30	100
27. 8. 1960	Vigia, freies Wasser	—	11,4	140

Es ist eine fesselnde Aufgabe für die zukünftige Forschung, zu untersuchen, wie das lehmig trübe und daher praktisch phytoplanktonfreie Amazonaswasser in das höchstproduktive Wasser der Amazonasmündung übergeht.

5. Der Einfluß des Bewegungszustandes des Wassers auf den Sauerstoffhaushalt

In mannigfacher Weise greift der Bewegungszustand des Wassers in jene Vorgänge ein, welche den Sauerstoffgehalt bestimmen. Zunächst ist hierbei zu sagen, daß mit Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, also Zunahme der Stagnation, sich die O_2-Werte verringern können, da jetzt ja das Ausmaß herabgesetzt ist, mit dem sich das Wasser mit dem Luftsauerstoff ins Gleichgewicht setzen kann. Wir sahen bereits bei Besprechung der Sauerstoffverhältnisse in den Überschwemmungswäldern, wie stark in diesen stagnierenden Räumen der Sauerstoffgehalt gegenüber dem Fluß herabgesetzt ist. Bedeutet hier also Stagnation Senkung des Sauerstoffspiegels, so ist andererseits der Amazonas ein Beispiel dafür, daß dadurch auch eine Erhöhung des O_2-Gehaltes gegeben sein kann. Die Weißwasserflüsse bilden mit ihrer großen Menge an sedimentierbaren Materials zahllose Schwemmlandinseln, in denen oft ausgedehnte Wasserflächen bei niederem Wasserstand vom Stromlauf abgeschnitten sind, während sie bei Hochwasser überflutet werden. Kommt hier das Wasser zur Ruhe, so tritt rasche Sedimentation ein, das Wasser wird durchsichtiger, und nun kommt es zu einer Massenentfaltung von Phytoplankton — zumeist aus Cyanophyceen bestehend — deren Photosynthese natürlich den O_2-Gehalt des Wassers stark erhöht. Diese Verhältnisse werden in einer folgenden Arbeit genauer besprochen werden, die der Biologie der Varzea-Seen gewidmet sein wird.

Solche „Seen im Fluß" sind jedoch nicht auf die Weißwasserflüsse beschränkt. Etwa 80 km oberhalb von Manaus weitet sich das Bett des Rio Negro auf eine Breite von 25 km aus, und in diesem Stromgebiet liegt das „Archipelago das Anavilhanas", ein Gewirr von Hunderten wenn nicht Tausenden von Inseln, die alle in Stromrichtung langgestreckt sind. In vielen dieser Inseln, die ebenfalls aus Schwemmland aufgebaut sind, finden sich Seen (Abb. 7), die zur Zeit, als wir diese Untersuchungen machten (18., 19., 20. August 1960) noch eine mehrminder breite Verbindung zum Fluß hatten. Zur Zeit des niedersten Wasserstandes jedoch dürfte der Großteil dieser Seen völlig isoliert sein. Diese Inseln, die oft nur schmale Schwemmlandbarrieren darstellen, entziehen mitten im Fluß einzelne Wasserkörper der Strömung und schaffen so stagnierende Wasserräume inmitten des Stromes. Es kommt hier zu einer leichten thermischen Schichtung, deren Folge eine starke Sauerstoffschichtung ist, wie dies in folgender Tabelle zum Ausdruck kommt.

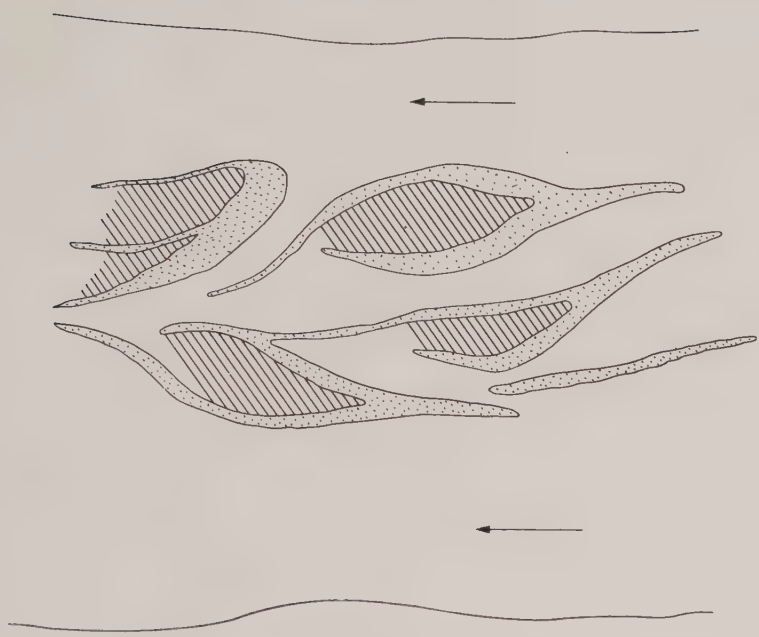


Abb. 7. „Seen im Fluß": Schematische Darstellung stagnierender Wasserräume (schraffiert) in Schwemmlandinseln des Rio Negro (punktiert).

Tabelle 7. Schichtung eines Sees im Rio Negro im Bereich des Archipelago das Anavilhanas am 20. August 1960 (Tiefe etwa 10 m)

m	°C	mg O_2/l	O_2 %
0	28,4	4,62	56
2	28,2	4,45	54
4	28,2	2,93	36
5	28,1	1,01	12
6	27,8	0,40	5
8	27,2	0,18	2,2
10	27,1	0,13	1,5

6. Die „Nebenflußseen"

Ein Blick auf die Karte des Amazonas zeigt als bedeutsamste morphologische Eigentümlichkeit, daß die meisten Nebenflüsse, die dem Amazonas von der Tierra firme zuströmen, in ihren unteren Teilen ungemein breite Täler besitzen, die den Eindruck erwecken, als werden hierdurch dem Amazonas große Wassermengen zugeführt. Dieser Eindruck ist jedoch falsch, denn es handelt sich dabei in den meisten Fällen nicht um Flüsse, sondern um Seen, da die Strömungsgeschwindigkeit praktisch null ist. Die Täler können somit auch nicht durch die heutige Erosionstätigkeit der Flüsse

entstanden sein, sondern müssen, wie SIOLI an verschiedenen Stellen ausführt, in vergangenen geologischen Perioden gebildet worden sein.

Durch den darauffolgenden Anstieg des Wasserspiegels — Anstieg des Meeresspiegels im Postglazial — sind diese Täler „ertrunken" und stellen heute langgestreckte, oft vielfach gewundene Seen dar, die entweder in breiter Front in den Strom münden oder mit diesem durch einen engen Wasserweg verbunden sind. Ein derartiger „Nebenfluß-See" ist der von SIOLI (1954) studierte Arapiuns. Während dessen Zuflüsse, z. B. der Rio Arua, mitunter eine Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/sec aufweisen, besitzt der Arapiuns selbst keine gerichtete Strömung. In seinen untersten Teilen unterliegt sein Wasser wie das des Mündungstrichters des Tapajos, mit dem er in Kontakt steht, dem Einfluß der Gezeiten. Weißer Sandstrand bildet an vielen Stellen die Ufer dieses Scheinflusses, und die Abwesenheit einer Strömung macht es verständlich, daß infolge des Vorherrschens der Ostwinde eine Strandversetzung „stromaufwärts" stattfindet und hier vom Flugzeug aus langgestreckte Sandbänke („Pontas") zu sehen sind, die in eine der Mündung entgegengesetzte Richtung weisen. Definitionsgemäß sind die Ausdrücke „Rio" oder „Igarapé" für solche „Nebenfluß-Seen" irreführend, denn mit einem Fluß haben sie nur die langgestreckte Form gemein, dagegen kommt ihnen infolge des Fehlens der Wasserströmung in der Regel das Hauptmerkmal eines Sees zu, nämlich eine thermische und chemische Schichtung. Diese Verhältnisse wurden an dem Puraquequara untersucht, einem linksseitigen kleinen Nebenfluß des Amazonas, der 20 km unterhalb des Zusammenflusses von Solimões und Rio Negro in den Mündungssee einfließt. Die Schichtung wurde hier an zwei Daten untersucht und in der folgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8. Schichtung im Puraquequara

m	24. April 1959		11. August 1960	
	°C	mg O_2/l	°C	mg O_2/l
0	28,1	5,37	31,3	6,4
1			29,9	3,49
2			28,2	0,34
3			27,4	0,68
5	26,4	0,70	26,2	0,33
8	25,6	0,46	25,2	0,48
10	25,5	0,64		

Wir erkennen, daß lediglich eine dünne Oberflächenschicht sauerstoffreich ist, während in den darunter liegenden Wassermassen nur geringe O_2-Mengen vorhanden sind. Der Grund für diese extreme Sauerstoffschichtung ist der hohe Dichteunterschied zwischen dem epilimnischen und hypolimnischen Raum. In jenem Temperaturbereich bedeutet ja ein Temperaturunterschied von 5 °C eine außerordentlich große Dichtedifferenz, die einen vertikalen Wasseraustausch unterbindet.

In welcher Tiefe sich in diesen Nebenfluß-Seen die Sprungschicht befindet, hängt natürlich sehr von den morphologischen Bedingungen ab. Je größer die Wasserfläche ist, über welcher der Wind seine dynamische Kraft entfalten kann, desto tiefer muß die Sprungschicht liegen, wie dies ja auch von den Seen mittlerer Breiten bekannt ist. So findet sich z. B. in dem riesigen, 14 km breiten Mündungstrichter des Tapajos oft überhaupt keine Sprungschicht und dementsprechend auch kein O_2-armes Hypolimnion.

Nun bleibt die Frage zu besprechen, woher denn eigentlich jene tiefen hypolimnischen Temperaturen kommen, welche Anlaß zu jenen Schichtungen geben. Es bieten sich hierzu zwei Möglichkeiten an. Erstens ist an jene Einbrüche kalter antarktischer Luftmassen zu denken, die zwischen Mai und September Temperaturstürze von 10 bis 15 °C bedingen und als „friagem" bei der Bevölkerung sehr gefürchtet sind, die an hohe Temperaturunterschiede nicht gewöhnt ist. Würde durch diese Kälteeinbrüche die Wassermasse um mehrere Grade abgekühlt, so bliebe sie durch die nachfolgende sehr rasche Erwärmung der obersten Wasserschicht und die dadurch entstehende Sprungschicht einer weiteren Erwärmung entzogen. Da nun aber ein „friagem" meist nur 3 bis 4 Tage dauert, muß dahingestellt bleiben, welche Bedeutung diesem Phänomen für die Ausbildung der thermischen Schichtung zukommt.

Die zweite Erklärungsmöglichkeit wurde bei Gessner 1960 b bereits angedeutet. Die Bäche, welche im tiefen Urwaldschatten dahinfließen, haben — nach zahlreichen Messungen des Verfassers — in der Regel Temperaturen von 24 bis 25 °C, also solche, wie sie dem Hypolimnion entsprechen. Da sich dieses kühle Wasser kaum mit dem um etwa 5 °C wärmeren Seewasser mischt, kann angenommen werden, daß es am Seeboden entlang in den See einfließt und sich im Hypolimnion ausbreitet. Diese Strömung dürfte allerdings sehr langsam sein, denn alle Versuche des Verfassers, mit Hilfe des hydrometrischen Flügels eine Tiefenströmung zu erfassen, blieben erfolglos.

Von den Einheimischen wird berichtet, daß ein „friagem" in der Regel mit einem Fischsterben oft großenAusmaßes verbunden ist, und es darf vermutet werden, daß dieses mit den raschen Änderungen im Sauerstoffgehalt des Wassers zusammenhängt. Es wäre infolgedessen von hohem praktischen Interesse, den Einfluß solcher Kälteeinbrüche auf Physik und Chemie des Wassers in diesen Seen zu untersuchen. Auch wissen wir bisher nichts über den Sauerstoffbedarf der Amazonasfische.

Über die Dauer der Stagnationsperioden in diesen „Nebenfluß-Seen" können unsere Untersuchungen natürlich keine Auskunft geben, doch dürfen wir hier die gleichen Verhältnisse erwarten wie in den flachen Seen des unteren Tapajos, über deren Schichtungsverhältnisse Braun (1952) sehr bemerkenswerte Angaben macht. Bei den Seen in mittleren Breiten, die ja der Ausgangspunkt limnologischer Betrachtung waren, sind wir gewohnt, Stabilität und Permanenz etwa gleichzusetzen, denn je höher die thermisch bedingte Stabilität, desto länger dauert die dadurch gegebene Schichtung an. Ganz anders ist dies im tropischen See. Hier erzeugen schon Temperaturunterschiede von 1 bis 2 °C eine sehr hohe Stabilität, da z. B. der Dichteunterschied zwischen 29° und 30 °C etwa 27 mal größer ist als jener zwischen 4 und 5 °C. Anders ist es jedoch hier mit der Permanenz. Genügen schon geringe Temperaturunterschiede, um eine stabile Schichtung zu erzeugen, so bedarf es deshalb ebenfalls nur sehr geringer Temperaturänderungen, um diese Schichtung zu vernichten. „Die Dauer und Periodizität der Schichtung verläuft nicht gesetzmäßig und ist nicht konstant wie bei unsern temperierten Seen, sondern wird durch zufällige Witterungseinflüsse bedingt und wiederholt sich in unregelmäßigen Abständen. Wenige Tage mit starker Sonnenbestrahlung und Bildung einer thermischen Stagnation genügen, um den Sauerstoffschwund in der Tiefe wieder herzustellen" (Braun 1952).

7. Der Sauerstoffgehalt in den drei Flußtypen Amazoniens

Die Einteilung in Weiß-, Schwarz- und Klarwasserflüsse beruht auf dem optischen Verhalten des Wassers. Die geringste Transparenz besitzen die Weißwasser-

flüsse (Solimoes, Madeira, Amazonas). Die Sichttiefe beträgt hier nur wenige dm, und in 0,5 m Tiefe ist oft nur mehr 1/100 des eindringenden Lichtes vorhanden. Es ist verständlich, daß sich hier kein Phytoplankton erhalten und vermehren kann, eine photosynthetische Sauerstoffbildung kommt hier nicht in Betracht. Anders in den Braun- oder Schwarzwasserflüssen. Im Rio Negro beträgt die Sichttiefe etwa 1 m, das Phytoplankton besteht aus Diatomeen, Desmidiaceen, Volvocalen und Flagellaten. Welche Rolle spielt nun der photosynthetisch gebildete Sauerstoff im O_2-Haushalt des Rio Negro? Bei Untersuchungen im August 1960 konnte durch HAMMER (im Druck) gezeigt werden, daß die trophogene Schicht infolge des raschen Lichtabfalles hier kaum dicker ist als 1 m und daß die Planktonmenge zu jener Zeit so gering ist, daß die tägliche Primärproduktion nur etwa 100 mg C/m² beträgt, also nur $^1/_{10}$ dessen, was in eutrophen Seen erwartet werden kann. Aus den in der eben erwähnten Arbeit von HAMMER enthaltenen Zahlen kann errechnet werden, daß die Sauerstoffzehrung in 24 Stunden bei einer Wassertiefe von 20 m unter 1 dm² 120 mg O_2 beträgt, wogegen im gleichen Raum und in der selben Zeit nur etwa 4 mg O_2 durch Photosynthese gebildet werden. Das bedeutet aber, daß gegenüber dem hohen O_2-Verbrauch die O_2-Produktion eine völlig untergeordnete Rolle spielt. Tatsächlich konnten zwischen Rio Negro und Solimões keine deutlichen Unterschiede im Sauerstoffgehalt gefunden werden. So ergab eine Solimões-Überquerung am 9. August 1960 oberhalb der Ilha dos Merchantes folgende Werte in mg O_2/l:

4,3	4,8	4,4	4,4	4,67	4,67	3,44

Die Sättigungswerte lagen zwischen 55 und 67%. Im Gebiet des Zusammenflusses von Rio Negro und Solimões hatte am 30. Juli 1960 das reine Rio Negro-Wasser bei der Insel Marapatá einen Wert von 3,92 mg O_2/l, das Wasser in der Mitte des Solimõe 4,9 mg O_2/l. Direkt beim Zusammenfluß ergab das Solimões-Wasser 4,23, das Rio-Negro-Wasser 4,22 mg O_2/l.

Wie in einer früheren Arbeit ausführlich dargestellt worden ist, vermischen sich Rio Negro und Solimoes zunächst noch nicht, sondern fließen noch viele km im gleichen Bett Seite an Seite, nun den Amazonas bildend. In Abb. 8 ist ein Schnitt durch den Amazonas oberhalb des oberen Leuchtturmes, etwa 20 km unterhalb des Zusammenflusses von Rio Negro und Solimões, dargestellt. Wir erkennen, wie sehr sich der linke und der rechte Flußteil durch die elektrische Leitfähigkeit unterscheiden, daß dagegen die Sauerstoffkurve keine Beziehung zum Verlauf der Leitfähigkeitskurve aufweist.

Falls zwischen Amazonas, Solimões und Rio Negro überhaupt Unterschiede im Sauerstoffgehalt bestehen, so sind sie sicherlich geringer als die zeitlichen und örtlichen Schwankungen, die in jedem dieser Flüsse selbst auftreten können. Völlig anderen Verhältnissen begegnen wir in den Klarwasserflüssen (Tapajos, Arapiuns). Hier fehlen jene großen Mengen anorganischer Suspensoide, die das Licht absorbieren und reflektieren und hier fehlen die gelösten Humusstoffe, welche für die rapide Lichtabnahme in Schwarzwässern verantwortlich sind. Wenn auch im Klarwasser mitunter das Licht mit der Tiefe rasch abnimmt, so deshalb, weil es durch das Plankton selbst absorbiert wird. Wir finden hier eine überreiche Fülle von Phytoplanktonarten, die sich außer aus Diatomeen, Desmidiaceen und Volvocalen auch aus Cyanophyceen zusammensetzen. Über die Sauerstoffverhältnisse im großen Mündungstrichter des Tapajos gibt die Tabelle 9 Auskunft.

Tabelle 9. Temperatur und Sauerstoff im Mündungstrichter des Tapajos am 18. Nov. 1960

m	°C	mg O_2/l
0	29,8	7,58
5	—	7,50
10	—	7,37
15	29,6	6,83
20	29,5	6,63

Das Oberflächenwasser ist hier zu etwa 95% mit O_2 gesättigt, in der Tiefe ist eine leichte Sauerstoffabnahme zu erkennen, eine thermische Schichtung fehlt und ist bei der Dimension der Flußmündung und der Gezeitenströmung auch nicht zu erwarten. Eine abwärts gerichtete Flußströmung war nicht zu erkennen, jedenfalls wird sie durch den Gezeitenstrom überlagert.

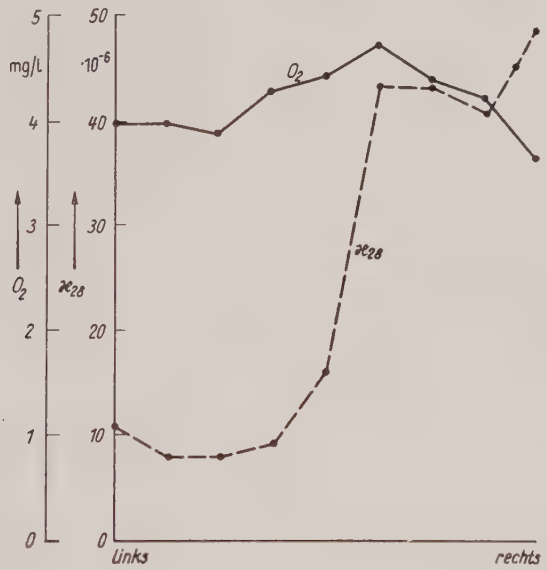


Abb. 8. Sauerstoffgehalt (O_2) und elektr. Leitfähigkeit ($\varkappa_{28}$) auf einem Schnitt durch den Amazonas, 20 km unterhalb des Zusammenflusses von Solimoes und Rio Negro am 2. August 1960.

Daß der unterste Tapajos gegenüber dem Amazonas ohne Strömung ist, läßt sich vom Flugzeug aus an einer überaus merkwürdigen Erscheinung erkennen. Überall im Amazonasgebiet, wo Weißwasser in einen See mündet, bildet es an seinen beiden Seiten Sedimentbänke, die sich binnen kurzem bewalden und sich oft in vielfachen Windungen durch den See ziehen. Diese Erscheinung ist völlig verständlich, da dort, wo das bewegte Flußwasser mit dem ruhenden Wasser des Sees in Kontakt kommt, die Strömungsgeschwindigkeit herabgesetzt wird und die Sedimentation daher erhöht wird. Sprachen wir oben von einem „See im Fluß", so haben wir jetzt das Gegenstück den „Fluß im See" gekennzeichnet. Aus der Luft läßt sich nun beobachten, daß der Amazonas an einer Stelle ein solches Sediment in den Tapajos vorschiebt. Der Haupt-

fluß baut sich also hier ein Flußbett in den Nebenfluß hinein, eines der vielen Paradoxa, die der Amazonas für den Hydrographen bereit hält.

VI. Zusammenfassung

Der Sauerstoffhaushalt umfaßt einen Großteil des physikalischen, chemischen und biologischen Geschehens im Wasser. Es wird daher der Versuch unternommen, die Faktoren zu analysieren, welche auf den O_2-Gehalt des Amazonas Einfluß üben.

Das auffallendste Geschehen in Amazonien sind die Schwankungen des Wasserstandes, welche bei Manaus etwa 10 m, bei Santarem etwa 5 bis 6 m betragen.

Die Jahreskurve des Sauerstoffes verläuft entgegengesetzt der Kurve der Pegelschwankungen, bei hohem Wasserstand (Mai bis August) ist der O_2-Gehalt niedrig, da weite Gebiete de Uferwälder überschwemmt sind und dort wegen des hohen Angebots organischer Substanzen eine starke Sauerstoffzehrung stattfindet.

Strömungsmessungen ergaben im August 1960 im Rio Negro einen Maximalwert von 0,54, im Solimões 1,3 und im Amazonas 25 km unterhalb von Manaus 1,5 m/sec. Im November, also bei niedrigstem Wasserstand betrug die Strömungsgeschwindigkeit im Rio Negro vor Manaus nur 0,15 m/sec. Zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Wasserstand besteht — zum mindest im Rio-Negro — eine weitgehende Proportionalität.

Im Rio Negro, im Solimões und wahrscheinlich auch im Amazonas selbst verhindert die Wasserströmung eine vertikale Schichtung von Temperatur und Sauerstoff. Dagegen sind die meisten Mündungstrichter der Nebenflüsse — ertrunkene Flußtäler — strömungsfrei und daher eher als Seen zu bezeichnen. Hier findet sich in der Regel eine überaus scharfe Sauerstoffschichtung, wie sie für tropische Seen charakteristisch ist. Durch Ablagerungen von Sedimenten bilden sich vielfach auch im Fluß selbst Inseln, welche ruhende Wasserkörper, also Seen, umschließen („Seen im Fluß"), in denen die O_2-Schichtung ebenfalls sehr ausgeprägt ist.

Zwischen Manaus und Belem konnte im September 1960 kein mit dem Flußlauf gerichteter Temperaturgradient festgestellt werden. Die Temperaturen lagen in der Hauptsache zwischen 29 und 29,5 °C. Eventuell vorhandene jahreszeitliche Unterschiede werden durch die täglichen Temperaturschwankungen und kurzfristige Witterungseinflüsse überlagert. Flußabwärts nimmt der Sauerstoffgehalt geringfügig zu, um unterhalb Breves sprunghaft anzusteigen. In der Amazonasmündung kommt es zu erheblichen O_2-Übersättigungen, da dort infolge erhöhter Sedimentation das Licht tiefer ins Wasser eindringt und die Möglichkeit zu einer Phytoplanktonmassenentwicklung gibt.

Das Weißwasser des Solimões und des Amazonas unterscheidet sich in seinem Sauerstoffgehalt nicht von dem des Rio Negro, da auch in diesem die O_2-Produktion durch das Phytoplankton äußerst gering ist. Nur im Klarwasser des Tapajos werden infolge intensiver Phytoplanktonentwicklung O_2-Werte erreicht, die dem Sättigungswert sehr nahe kommen.

Insgesamt weisen also die strömenden Gewässer Amazoniens — mit Ausnahme der Klarwasserflüsse — O_2-Sättigungswerte zwischen 50 und 70% auf, sind also durch ein hohes Sauerstoffsättigungsdefizit charakterisiert. Die hohe Temperatur, ein großes Angebot an organischen Stoffen in den alljährlich überfluteten Uferwäldern sowie die äußerst geringe Transparenz des Wassers, durch welche die photosynthetische Tätigkeit des Phytoplanktons auf die oberste Meterschicht beschränkt bleibt, müssen als Ursachen für dieses Defizit angesehen werden.

Mein Dank gilt Herrn Dr. ATHOS DE SILVEIRA RAMOS vom Conselho Nacional de Pesquisas in Rio de Janeiro, von dem die Einladungen zu meinen Reisen ausgesprochen worden waren, Herrn Dr. DJALMA BATISTA, der mir in Manaus die Mittel des Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia zur Verfügung gestellt hat. Herrn Dr. RAUL ANTONY für viele freundschaftliche Ratschläge und Herrn Dr. WALTER EGLER, dem Direktor des Museu Göldi in Belem für ummannigfache Unterstützung meiner Arbeiten im Bereiche der Amazonasmündung. Meine Untersuchungen im Bereich von Santarem wurden von Herrn MESCHEDE in entgegenkommender Weise gefördert, und von welch' ausschlaggebender Bedeutung mir die Hilfe meines alten Freundes MENESES gewesen ist, wurde mir erst klar, als seine Erkrankung ihn im November 1960 verhinderte, daß er mich auf meinen Fahrten begleitete.

Literatur

Bluntschli, H., 1921: Die Amazonasniederung als harmonischer Organismus. Geogr. Z. **27**, 49—67.

Braun, R., 1952: Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebiet. Schweiz. Z. f. Hydrologie **14**, 1—128.

Gessner, F., 1959: Hydrobotanik Bd. 2. Berlin (Deutscher Verlag der Wissenschaften).

— 1960a: Die Blütenöffnung der Victoria regia in ihrer Beziehung zum Licht. Planta **54**, 453—465.

— 1960b: Limnologische Untersuchungen am Zusammenfluß des Rio Negro und des Amazonas (Solimões). Int. Rev. ges. Hydrobiol. **45**, 55—79.

— 1960c: Untersuchungen über den Phosphathaushalt des Amazonas. Int. Rev. ges. Hydrobiol. **45**, 339—345.

Hammer, L., 1961: Die Primärproduktion im Rio Negro bei Manaus. (Im Druck, Instituto Oceanografico Cumaná, Venezuela.)

Pinto, A. O., 1930: Hydrographia do Amazonas e seus Affluentes. Bd. I. u. II. Rio de Janeiro (Imprensa Nacional). Dieses Werk scheint in den Bibliotheken Europas nicht vorhanden zu sein. Es befindet sich im Besitz des Verfassers dieser Arbeit.

Sioli, H., 1954: Beiträge zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes II. Der Rio Arapiuns. Limnologische Untersuchungen eines Gewässers des Tertiärgebietes, Serie „Barreiras" des unteren Amazonas. Arch. f. Hydrobiol. **49**, 448—518.

— 1955: III. Über einige Gewässer des oberen Rio Negro-Gebietes. Arch. f. Hydrobiol. **50**, 1—32.

— 1956: Über Natur und Mensch im brasilianischen Amazonasgebiet. Erdkunde **10**, 89—109.

Stangenberg, M., 1959: Der biochemische Sauerstoffbedarf des Seewassers. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. **11**, 185—211.

Prof. Dr. Fritz Gessner
Kiel, Institut für Meereskunde
der Universität,
Hohenbergstraße 2

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	562—609

Marlis Schlüter

Botanisches Institut der Pädagogischen Hochschule Potsdam-Sanssouci und
Pflanzenphysiologisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin

Die Diatomeen-Gesellschaften des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin

Versuch einer limnosoziologischen Analyse von Kleinalgen-Standorten eines Niedermoorgebietes

Herrn Dr. F. Hustedt in Verehrung und Dankbarkeit zum 75. Geburtstag gewidmet

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung . . . 562
II. Die Entwicklung der Soziologie der Kleinalgen . . . 564
III. Die Untersuchungsmethode . . . 569
1. Sammeln der Diatomeen und ihre Präparation . . . 569
2. Bestandsaufnahme und limnosoziologische Bearbeitung . . . 569
3. Ökologische Charakterisierung der Gesellschaften . . . 570
IV. Beschreibung der Diatomeen-Gesellschaften . . . 572
1. Gesellschaften der Fließe und Gräben . . . 572
a) Naviculetum rhynchocephalae-viridulae nov. ass. . . . 572
b) Synedretum minusculae nov. ass. . . . 583
c) Meridio-Naviculion gregariae nov. all. . . . 585
2. Gesellschaften der Weiher . . . 587
a) Eunotietum formicae nov. ass. . . . 587
b) Fragilarietum subsalinae nov. ass. . . . 592
c) Cymbello-Synedrion capitatae nov. all. . . . 593
3. Gesellschaften aerischer Standorte . . . 594
a) Caloneo-Naviculetum bryophilae nov. ass. . . . 594
b) Andere aerophile Diatomeen-Gesellschaften . . . 598
V. Aspektwechsel und Jahresperiodizität der Diatomeen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet . . . 602
VI. Zusammenfassung . . . 607
VII. Literatur . . . 607

I. Einleitung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der pflanzensoziologischen Analyse der Diatomeen-Besiedlung einer Anzahl von Kleingewässern im Naturschutzgebiet Strausberg bei Berlin (Abb. 1). In seiner Entstehung geht das nördlich des Stienitz-Sees gelegene, nährstoffreiche Flachmoor-Gebiet der sogenannten „Lange-Damm-Wiesen" vor allem auf Quellmoorbildungen zurück. Die vorherrschende Grünland-Gesellschaft ist heute die für kultivierte Niedermoorböden charakteristische Kohldistel-Wiese. Kleinflächig ausgebildet, meist auf verlandeten alten Torfstichen,

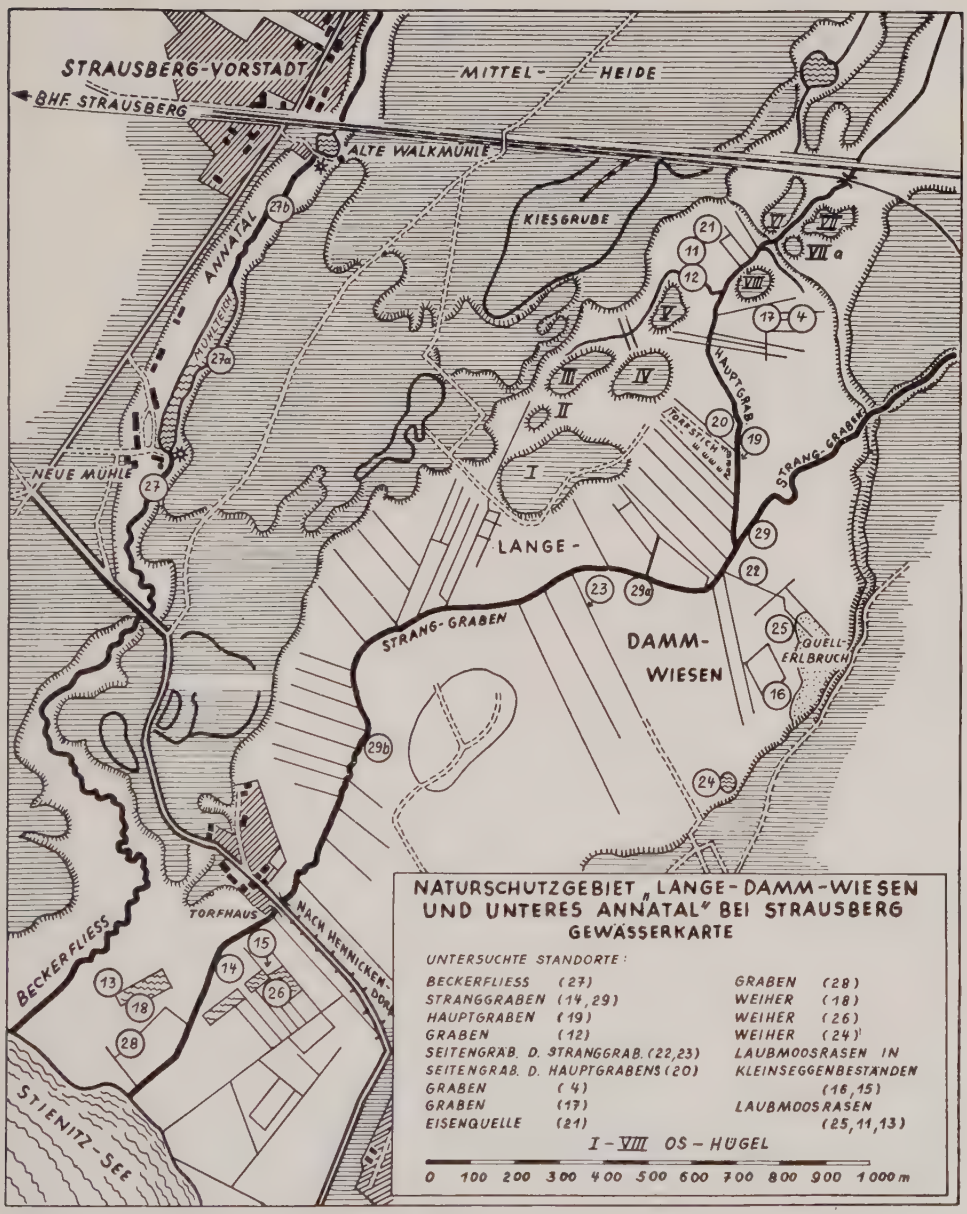


Abb. 1. Karte des Untersuchungsgebietes mit Angabe der untersuchten Diatomeen-Standorte (Ziffern); querschraffiert = diluviale Hochfläche und osartige Hügel in der Niederung; weiß = alluviale Niederung mit vorherrschenden Flachmoorwiesen.

kommen calciphile Kleinseggenrasen vor; in einigen Tümpeln, ebenfalls ehemaligen Torfstichen, die jetzt mit Wasser gefüllt sind, finden sich eutrophe Verlandungsgesellschaften und in den zahlreichen Entwässerungsgräben des Moores Bestände des Bachröhrrichts in fragmentarischer Ausbildung. Durch unsere Untersuchungen sollte festgestellt werden, in welchem Maße sich die verschiedenen Kleingewässer des Untersuchungsgebietes in ihrem Kieselalgen-Bewuchs unterscheiden und ob den einzelnen Gewässer-Typen jeweils eigene Diatomeen-Assoziationen zugeordnet sind.

Im Vergleich mit der Soziologie der Phanerogamen, die heute bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht hat, befindet sich die Algensoziologie immer noch in den Anfängen. Die dafür verantwortlichen Gründe sollen im nächsten Abschnitt erörtert werden, nachdem ein kurzer Überblick über die in vorliegendem Zusammenhang wichtigen algensoziologischen Arbeiten gegeben wurde. Für die Gesamtheit der soziologischen Phänomene im Süßwasser hat MARGALEF (1947a) die Bezeichnung „Limnosoziologie" geprägt.

Die Gewässer des Strausberger Naturschutzgebietes sind mehr oder weniger eutroph und kalkreich; dadurch herrschen unter den Kleinalgen die Diatomeen vor, und andere Algengruppen spielen keine wesentliche Rolle. Durch langjährige Studien des Verfassers ist die Diatomeen-Flora des Gebietes gut bekannt; es wurden insgesamt 232 Arten mit über 100 Varietäten und Formen nachgewiesen (SCHLÜTER 1956, 1959). Die Arbeit von 1959 enthält eine zusammenfassende Liste aller festgestellten Diatomeen.

In Verbindung mit der soziologischen Bearbeitung wurden eingehende wasserchemische Untersuchungen an den verschiedenen Standorten durchgeführt. Über die dabei erzielten Ergebnisse wurde bereits ausführlich berichtet (SCHLÜTER 1958/59); gleichzeitig wurden auch die verschiedenen Untersuchungsstellen (siehe Abb. 1) hinsichtlich ihrer Bewuchsverhältnisse und standörtlichen Besonderheiten beschrieben. Im vorliegenden Zusammenhang werden die wasserchemischen und sonstigen Faktoren nicht mehr im einzelnen besprochen; es wird unter Hinweis auf die bereits veröffentlichten Daten lediglich eine zusammenfassende Charakterisierung der Standortbedingungen der verschiedenen Diatomeen-Gesellschaften gegeben.

Die vorliegende Arbeit ist durch Umarbeitung aus einem Teil einer Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin entstanden. Die Anregung zur limnosoziologischen Bearbeitung der Strausberger Diatomeen-Vegetation ging von Herrn Prof. Dr. W. R. MÜLLER-STOLL, Potsdam, aus, dem Verfasserin auch an dieser Stelle für vielfältige Unterstützung und Beratung herzlich danken möchte.

II. Die Entwicklung der Soziologie der Kleinalgen

Wir beschränken uns bei der folgenden Betrachtung im wesentlichen auf solche Arbeiten, welche sich auf Gesellschaften des mikroskopischen Aufwuchses mit starkem oder vorherrschendem Diatomeen-Anteil beziehen, lassen also andere Kleinalgen-Gesellschaften, z. B. solche mit vorherrschendem Desmidiaceen- oder Chlorophyceen-Anteil und die planktischen Gesellschaften außer Betracht. Auch die pflanzensoziologische Bearbeitung des Phytoplanktons steckt trotz zahlreicher planktologischer Einzeluntersuchungen noch in den Anfängen, und es wird auch hier noch nach methodischen Wegen gesucht (vgl. THUNMARK 1945).

Im Jahre 1916 erschien eine formationsbiologische Arbeit von STEINECKE über ein fast unberührtes Hochmoor mit angrenzenden Flach- und Zwischenmoorformationen im ehem. Ostpreußen. Obwohl STEINECKE noch nicht von Algengesellschaften spricht, hat er doch schon wesentliche soziologische Gesichtspunkte berücksichtigt, indem er die Besiedlung der verschie-

denen Moor-Standorte getrennt nach Einzelbiozönosen beschrieb. Die Häufigkeit der vorkommenden Arten wurde unter Berücksichtigung ihrer Größe nach einer fünfstelligen Skala geschätzt; die Auswertung erfolgte durch Ausscheidung von Leitformen. Als solche zieht er besonders die auf chemische Standortsunterschiede empfindlich reagierenden Desmidiaceen und Diatomeen heran. Als charakteristische Kieselalgen des Flachmoores werden z. B. *Pinnularia nobilis, Gomphonema parvulum, G. subtile, Eunotia praerupta* genannt.

Etwa zur gleichen Zeit erschien eine soziologisch orientierte Arbeit von Schorler (1915) über die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. Unter den von ihm aufgestellten Algengesellschaften interessiert in Hinsicht auf unsere eigenen Untersuchungen vor allem das „Bacillariacetum" (Diatomeenschlamm) der überrieselten nackten Felsen. Diese aerophile Gesellschaft ähnelt der „Facies der Bergstufe" bei Beger (1927). Dieser ordnet die untersuchten atmophytischen, moosbewohnenden Diatomeen-Gesellschaften nach ökologischen Gesichtspunkten und unterscheidet einen „xerophilen Typus" in periodisch austrocknenden Moospolstern an Bäumen, Mauern, Felsen und auf Dächern und einen „mesophilen Typus" in mehr oder weniger gleichmäßig feuchten Moosrasen; letzterer wird gegliedert in eine Fazies natürlicher Standorte im mitteldeutschen Hügelland (Felsspalten), eine Fazies in Brunnen-Moosen (Norddeutschland) und eine Fazies der Bergstufe auf Felsen tief eingeschnittener Gebirgstäler (Elbsandsteingebirge). Auf weitere Einzelheiten wird im speziellen Teil eingegangen (S. 600).

Der erste, welcher sich kritisch mit der soziologischen Bearbeitung von Algengesellschaften und ihren Beziehungen zu den Phanerogamen auf der Grundlage der schweizerischen pflanzensoziologischen Schule auseinandersetzt, ist Kurz (1922). Er vertritt den Standpunkt, daß die Algengesellschaften zwar in die Gesamtvegetation mit einzubeziehen sind, aber getrennt klassifiziert werden müssen, da sie weitgehend unabhängig von den Makrophyten sind. Kurz gliedert die Algengesellschaften nach topographisch-ökologischen Gesichtspunkten und beschreibt ihre artenmäßige Zusammensetzung unter Berücksichtigung der Jahresperiodizität. Die Häufigkeit der Arten wird geschätzt und ihre Konstanz und Treue festgestellt. Eine Zusammenstellung der Arten der verschiedenen Biotope in Form soziologischer Tabellen enthält diese Veröffentlichung jedoch nicht. Besonders eingehend wird die Besiedlung des Bachsystems der Goldach untersucht. Wichtigste Art der Frühlingsvegetation ist *Meridion circulare*; eine führende Rolle spielen ferner die *Diatoma*-Arten, weshalb die Assoziation der Bergbäche Diatometum genannt wird (vgl. auch Allorge 1925). Als sehr zahlreich und codominierend werden weiterhin *Cymbella affinis* und *C. ventricosa* genannt. Von den Grünanlagen treten hier nur *Cladophora glomerata* und *Ulothrix zonata* hervor und werden als konstante, aber nicht treue Glieder der Gesellschaft bezeichnet.

An die Untersuchungen von Kurz ist die ebenfalls nach der Methode der Schweizer Schule durchgeführte soziologische Arbeit von Messikommer (1927) über das Torfmoor Robenhausen anzuschließen. Der Verfasser tritt ebenfalls für die getrennte Behandlung von Kormophyten und Algen ein, was er wie folgt begründet: „Einmal gibt es wohldefinierte Algengesellschaften wie z. B. die planktogenen, diejenigen der Bergbäche, die aus einleuchtenden Gründen keinen makrophytischen Assoziationen zugeteilt werden können, zum zweiten ist die Verbreitung und Ökologie beider Organismengruppen eine wesentlich verschiedene, und wir würden im Fall des Zusammenzuges bei einer nicht unbeträchtlichen Zahl von verschiedenen Makrophytengesellschaften dieselben Algenarten-Kombinationen angegliedert finden." Bei der Bearbeitung der Algengesellschaften werden Artmächtigkeit und Soziabilität geschätzt. Innerhalb der Gesellschaftstabellen unterscheidet Messikommer Charakterarten, gegliedert in gesellschaftstreu, -fest und -hold, Begleiter und Zufällige. Die Benennung der Assoziationen erfolgt nach zwei charakteristischen Arten.

Von den durch Messikommer (1927) aufgestellten Algengesellschaften sollen nur diejenigen mit vorherrschenden Diatomeen-Anteilen genannt werden. Im Kemptnerbach tritt bei einer Alkalinität von 24° DH und einem pH von 7,5 das „Diatometum" auf. Im Pfäffikersee fand sich unter ähnlichen Alkalinitäts- und pH-Bedingungen eine Assoziation, die bereits Allorge (1921) aus der Seine und Oise beschrieben hat; sie wird von Messikommer als Fragilarieto

crotonensis-Asterionelletum gracillimae[1]) bezeichnet. Als Charakterarten werden außer *Fragilaria crotonensis* und *Asterionella gracillima* z. B. auch *Synedra acus* (Plankter), *Tabellaria fenestrata*, *Dinobryon divergens*, *Ceratium hirundinella* und *Sphaerocystis schroeteri* angegeben. Eine typische Grundschlamm-Gesellschaft ist das von MESSIKOMMER in verschiedenen kleinen Seen und Torfstichen beobachtete Fragilarieto-Achnanthidietum[1]), eine artenreiche Assoziation mit einem hohen Diatomeen-Anteil. Unter diesen sind einmal die bandförmige Kolonien bildenden Gattungen *Achnanthes* und *Fragilaria* häufig, zum anderen rapheführende Arten, teils Tiefenformen, teils Arten des Litorals und abgesunkene Plankter.

Auch KRIEGER (1929) gibt für das Hochmoor am Diebelsee einige Assoziationen an und benennt sie nicht nach zwei, sondern einer größeren Anzahl von Algen. Er bezieht sich auf die Tatsache, daß Algen-Assoziationen bedeutend artenreicher sind als Phanerogamen-Gesellschaften. Die Benennungsmethode von KRIEGER ist so umständlich, daß sie keine Nachahmung gefunden hat. In einer späteren Arbeit (KRIEGER 1933) hat er sie nicht wieder angewandt.

Von BUDDE (1934) werden die Algengesellschaften westfälischer Moore als „zugehörige" Gesellschaften von Phanerogamen- oder auch Kryptogamen-Assoziationen aufgefaßt. Innerhalb der Algengesellschaften werden Charakterarten, Begleiter und Zufällige unterschieden. Dabei ist auffällig, daß die gleichen Arten manchmal als Charakterarten und in anderen Fällen als Begleiter aufgeführt werden, so *Eunotia lunaris*, *E. exigua*, *Pinnularia subcapitata*, *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Strauroneis phoenicenteron*. Eine Benennung der Gesellschaften nimmt BUDDE nicht vor, kennzeichnete jedoch die zur Namengebung in Frage kommenden Arten mit einem Kreuz; er zieht dafür eine größere Anzahl in Betracht, darunter nicht nur solche, die als Charakterarten bezeichnet sind, sondern auch Begleiter. Im Prinzip die gleiche Methode wendet BUDDE (1940) auch in einer späteren Arbeit zur Algenflora Westfalens an. Er hält zur Charakterisierung der Algengesellschaften die chemischen und physikalischen Verhältnisse der Wohngewässer für besonders wichtig und fordert eine einheitliche Methode zur Beschreibung der Assoziationen.

Im Gegensatz zu KURZ und MESSIKOMMER versucht SAUER (1937) in ostholsteinischen Seen und Teichen die Phanerogamen und Algen teilweise gemeinsam zu erfassen. Der Autor benutzt innerhalb der litoralen Algengesellschaften die makroskopischen Formen als Charakter- und namengebende Arten, die mikroskopischen Algen betrachtet er dagegen als Begleiter. Erwähnt sei das Cladophoretum glomeratae SAUER mit der Charakterart *Cladophora glomerata* und den mit dem Cladophoretum fractae SAUER gemeinsamen hochsteten Begleitern: *Cocconeis pediculus*, *Rhoicosphenia curvata*, *Epithemia turgida* und *Navicula gracilis*. Außerdem bemüht sich SAUER, die artenarmen, oft nur fragmentarisch ausgebildeten Phanerogamen-Gesellschaften des offenen Wassers unter Berücksichtigung der Mikrophyten besser zu charakterisieren. So zieht er zu den Charakterarten der Seerosen-Gesellschaft folgende Algen hinzu: *Oscillatoria princeps*, mehrere *Spirogyra*-Arten und *Hydrodictyon reticulatum*.

Die von SAUER durchgeführte gemeinsame soziologische Erfassung von Kleinalgen und Makrophyten der Submersflora ist auf weitere Untersuchungen nicht ohne Einfluß geblieben; nach gleichen Grundsätzen verfuhr auch ROLL (1938) bei der Untersuchung der Pflanzengesellschaften ostholsteinischer Fließgewässer. Die Algen werden als Begleiter behandelt, wenn am gleichen Biotop Phanerogamen vertreten sind; fehlen letztere, z. B. infolge starker Strömung oder steinigen Untergrundes, so spricht ROLL von einer „echten" Algenassoziation.

Zur Frage der Unterscheidung von „echten" und „zugehörigen" Algengesellschaften liegt eine ausführliche Darstellung von PANKNIN (1945) vor. Als „echte" Algengesellschaften werden Algengemeinschaften der Gebirgsbäche, der Küsten und des Pelagials aufgefaßt, also von Standorten ohne Phanerogamen. Die „zugehörigen" Algengesellschaften bezeichnet PANKNIN als „Unterwuchs" der Alneten, Phargmiteten, Nuphareten, Potameten, Carex-Assoziationen und sonstiger Wasserpflanzengesellschaften. Aus methodischen Gründen schlägt er hierbei

[1]) Nach der heute üblichen Art der Namensbildung ist hierfür besser Fragilario-Asterionelletum und Fragilario-Achnanthetum zu setzen.

eine getrennte Bearbeitung von Phanerogamen und Kryptogamen mit anschließender Synthese beider Gruppen vor.

Eine kritische Überprüfung erfuhr die Frage der „zugehörigen" Algengesellschaften durch RAABE (1951). Es wird darauf hingewiesen, daß die ökologischen Bedingungen, unter denen höhere Pflanzen und Algen leben, oft weitgehend verschieden sind. Die meisten Phanerogamen nehmen die Nährsalze aus dem Boden auf im Gegensatz zu den Algen, deren Nährlösung das Wasser ist. Letztere reagieren auf unterschiedlichen Nährsalzgehalt und pH-Wert viel stärker als die Phanerogamen, so daß für die Zusammensetzung der Algenassoziationen der Chemismus des Wassers und nicht das Vorhandensein bestimmter höherer Pflanzen maßgebend ist. Auch ist die Zusammensetzung des Aufwuchses nicht so sehr von der Pflanzenart als von ihrer Oberflächenbeschaffenheit abhängig; schließlich üben auch die herrschenden Strömungsverhältnisse eine gewisse selektive Wirkung auf die Artenkombination des mikroskopischen Aufwuchses aus. RAABE gelangt zu dem Ergebnis, daß eine gemeinsame Erfassung von Phanerogamen und Algen abzulehnen ist; damit ist auch die Unterscheidung zwischen „echten" und „zugehörigen" Algengesellschaften hinfällig.

Eine gründliche theoretische Auseinandersetzung mit der Frage nach der Kennzeichnung und Abgrenzung von Algengesellschaften und ihrer Systematik stammt von MARGALEF (1947 a, b). Die Fassung der Assoziationen hat wie bei den Phanerogamen rein nach floristischen Gesichtspunkten zu erfolgen. Für ihre Zusammenstellung zu Verbänden und Einheiten höherer Ordnung ist ebenfalls nur die floristische Affinität entscheidend. Von dieser floristisch begründeten Systematik sind andere Gruppierungen, z. B. nach den räumlichen Beziehungen der Gesellschaften in der Natur, wohl zu unterscheiden. Dort treten die Assoziationen nach Maßgabe der ökologischen Abhängigkeitsverhältnisse eingebettet in das Mosaik der Gesamt-Biozönose eines Gewässers auf. Nach solchen Gesichtspunkten vorgenommene Gesellschaftsgruppierungen können aber nicht als soziologisch-systematische Kategorien betrachtet und behandelt werden.

MARGALEF (1949) untersuchte die Algenbesiedlung kleinerer Gewässer im Nordosten Spaniens (Quellen, Bäche, Flüsse, Bassins), denen Phanerogamen fast vollständig fehlen. Die unterschiedenen 14 Gesellschaften werden nach Strömungsverhältnissen und geologischem Untergrund gruppiert: sie dürften teilweise mit bereits früher von KURZ (1922) und SAUER (1937) beschriebenen Gesellschaften identisch sein oder ihnen nahestehen. In einem Entwurf für ein System lotischer Algengemeinschaften werden diese Assoziationen wieder mit berücksichtigt (MARGALEF 1960). Darin erfahren hauptsächlich die Gesellschaften der oberen Flußabschnitte eine Gliederung nach ihrer natürlichen Aufeinanderfolge. Am Anfang stehen die extraregionalen Gesellschaften. Ihre Zusammensetzung bestimmen vor allem die herrschende starke Strömung und die damit zusammenhängende Größe der Gerölle, Faktoren, die in allen geographischen Lagen eine ähnliche Wirkung haben. Den extraregionalen Gesellschaften stehen regionale Typen gegenüber, die durch die Art des Untergrundes und dessen Einfluß auf die chemischen Eigenschaften des Wassers bedingt sind. Danach unterscheidet MARGALEF (1960) für den nördlichen Teil Spaniens als wichtigste limnologische Regionen, die offenbar als Kategorien im Range soziologischer Ordnungen zu verstehen sind, die folgenden:

a) Tribonemetalia, vertreten in eisenreichem Wasser,

b) Amphipleuretalia in Kalkgebirgen,

c) Cladophoretalia in kalk- und chloridreichem Wasser.

Unter den von MARGALEF angegebenen rheophilen Formen sind für unser Untersuchungsgebiet als Charakterarten für Fließe und Gräben *Cymbella sinuata*, *Meridion circulare* und *Navicula gracilis* zu nennen.

Wesentliche Grundlagen für eine erfolgreiche Algensoziologie liefert die Algenökologie (vgl. MARGALEF 1960). Unter den zahlreichen diesbezüglichen Untersuchungen sind besonders solche wichtig, die eine möglichst eingehende, durch Messungen unterbaute Beschreibung der Standortbedingungen enthalten. Solche Arbeiten sind geeignet, Zeigerarten für bestimmte dominierende Faktoren oder bestimmte Faktorenkombinationen aufzustellen, wie es z. B.

WEHRLE (1927) für die Wasserstoffionenkonzentration und den damit meist parallel gehenden Gesamt-Ionengehalt des Wassers versucht hat. Auf die zahlreichen, auf die Auffindung bestimmter Leitarten zielenden algologischen Arbeiten (z. B. WEHRLE 1939, 1942), in denen zwar von Algengesellschaften die Rede ist, aber nicht versucht wird, diese in ihrem gesamten Artenbestand zu erfassen und soziologisch zu charakterisieren, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Überblickt man die hier genannten, fast durchweg umfangreichen und gründlichen Untersuchungen, so ist festzustellen, daß es an Versuchen zu einer soziologischen Erfassung der Algen nicht gefehlt hat. Für den Umstand, daß die Soziologie der Algen trotzdem noch in den Anfängen steckt, sind verschiedene Gründe verantwortlich. Die Aufnahme der Algen kann nicht an Ort und Stelle geschehen, sondern ist mit mühevoller mikroskopischer Bestimmungsarbeit verbunden. Dabei sind zur vollständigen Erfassung von Algenbesiedlungen Spezialkenntnisse notwendig, die in längerer Vorarbeit erworben werden müssen. Auch ist die Schätzung der Häufigkeitswerte oft recht schwierig.

KURZ (1922) führt dazu aus, daß die mengen- und artenmäßige Zusammensetzung einer Algengesellschaft recht labil sein kann, so daß es viel schwieriger ist, eine größere Anzahl übereinstimmender Bestände aufzufinden, die zu einer gut abgegrenzten Assoziation vereinigt werden können, als bei höheren Pflanzen. Er schlägt daher vor, in der Algologie den Assoziationsbegriff etwas weiter zu fassen, als es sonst üblich ist. So ist nach seiner Meinung das Oscillatorietum der Schlammböden als eine solche Einheit aufzufassen, gleichviel ob *Oscillatoria limosa*, *O. tenuis*, *O. princeps* oder *Spirulina jenneri* vorherrschen; ebenso soll es sich mit dem Diatometum der Bäche, in dem *Diatoma vulgare* oder ihre var. *ehrenbergii* überwiegen kann, verhalten. Nach PRÁT u. CYRUS (1948) sind jedoch die verschiedenen *Oscillatoria*-Gesellschaften gut zu unterscheiden und lassen sich zu einem Verband, Oscillatorion PRÁT, zusammenzufassen. Das Oscillatorietum principis PRÁT kommt auf dem Grund schlammiger Teiche in 1 bis 3 m Tiefe vor, ist ziemlich einheitlich beschaffen und artenarm. An Diatomeen sind nur *Fragilaria construens* und *Navicula bacillum* reichlich vertreten. Wenn die Algenmassen durch Gasentwicklung oder Wasserbewegung an die Oberfläche gelangen, wird *Oscillatoria princeps* durch *O. limosa* verdrängt, und es entsteht ein mehr oder weniger typisches Oscillatorietum limosae (KURZ) PRÁT, in welchem eine ganze Reihe von Diatomeen-Arten vorkommen. In Wässern aus Mineralquellen wurden noch andere Oscillatorion-Gesellschaften beobachtet.

Als weiterer die Entwicklung der Algensoziologie erschwerender Faktor kommt hinzu, daß es immer auch notwendig ist, den Chemismus der Wohngewässer zu kennen. Hierfür müssen Wasseranalysen durchgeführt werden, was ohne Laboratorium kaum möglich ist. Die an den Algenstandorten vertretenen Phanerogamen dürfen bei der soziologischen Bearbeitung nicht vernachläßigt werden, zumal sie, wie KRIEGER (1929) ausführt, bei der Auffindung einander entsprechender Algenbiotope helfen können. Die dargelegten Gründe kennzeichnen die beträchtlichen Schwierigkeiten einer algensoziologischen Forschung und erklären ihre langsamere Entwicklung im Vergleich mit der Soziologie der Phanerogamen. Leider haben die einzelnen Algologen oft recht verschiedene Arbeitsmethoden angewandt, so daß die Ergebnisse teilweise kaum vergleichbar sind. Soll es zu einer fruchtbaren Weiterentwicklung der Algensoziologie kommen, muß vor allem nach einem einheitlichen Verfahren vorgegangen werden, was schon BUDDE (1934) gefordert hat. Wir halten auch für die Kleinalgen die Methode von BRAUN-BLANQUET in Übereinstimmung mit KURZ (1922) und MESSIKOMMER (1927) für am besten geeignet; dadurch wäre außerdem gewährleistet, daß Phanerogamen und Kryptogamen nach den gleichen Grundsätzen erfaßt würden.

III. Die Untersuchungsmethode

1. Sammeln der Diatomeen und ihre Präparation

Es kam darauf an, das Algenmaterial unter möglichst einheitlichen Bedingungen einzusammeln. Deshalb wurde bei offenen Gewässern das Aufwuchsträger-Verfahren von Kolkwitz (1950) benutzt. Mit Hilfe von Kleinbild-Filmbändern, deren Emulsionsschicht entfernt war, konnten von zahlreichen Standorten das ganze Jahr hindurch Besatzproben gewonnen werden. Die Expositionsdauer betrug im allgemeinen vier Wochen. Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß man zu jeder Jahreszeit, unabhängig vom Vorhandensein natürlicher Aufwuchsträger, die Filme stets an der gleichen Stelle in ein Gewässer einhängen kann. Infolge ihrer Durchsichtigkeit gestatten sie eine sofortige mikroskopische Orientierung über den gebildeten Besatz[1]), der für die weitere Untersuchung leicht und quantitativ von der Unterlage abwaschbar ist. Diese Vorteile überwiegen erfahrungsgemäß weitaus die möglichen Nachteile der künstlichen Unterlagen, die zum mindesten im vorliegenden Fall unwesentlich sind. Nach den Ergebnissen von Raabe (1951) besteht bei Aufwuchs-Diatomeen keine enge Bindung an eine bestimmte Unterlage. Trotzdem wurden die mit Filmproben gewonnenen Befunde durch Besatzproben von *Cladophora glomerata*, *Elodea canadensis* und bestandbildenden Phanerogamen kontrolliert. Die Diatomeen der Sumpfmoose wurden durch Auspressen nasser Moospolster gewonnen.

Die Aufbereitung des Materials erfolgte nach der üblichen Methode durch Auskochen mit Schwefelsäure unter Zusatz von Kaliumnitrat, wenn sich nicht Glühpräparate als notwendig erwiesen. Infolge des Kalk- und Eisenreichtums der Gewässer war teilweise eine Vorbehandlung mit Salzsäure erforderlich. Die gereinigten Diatomeen-Schalen wurden in Einschlußmittel nach Weinzierl (1956) mit dem Brechungsindex 1,635, sowie in Hyrax mit dem höchsten Brechungsindex (1,71) eingebettet und mikroskopisch untersucht.

2. Bestandsaufnahme und limnosoziologische Bearbeitung

Die untersuchten Standorte, die bereits bei M. Schlüter (1958/59) im einzelnen beschrieben wurden, sind auf der Gebietskarte (Abb. 1) durch Zahlen gekennzeichnet. Die gleichen Zahlen, in Klammern gesetzt, werden auch im Text verwendet. Es wurden die folgenden topographischen Standortstypen berücksichtigt: kleine Bachläufe (sog. Fließe), Wiesengräben, Weiher, nasse Moosrasen. Die pflanzensoziologische Bearbeitung der Diatomeen erfolgte in Anlehnung an die Methode von Braun-Blanquet (1951). Die Anwendung dieser für Phanerogamen entwickelten Methode auf mikroskopische Algen wird zwar durch verschiedene Umstände erschwert; trotzdem ist sie aber auch für die soziologische Untersuchung von Kleinalgen zu empfehlen (Kurz 1922, Messikommer 1927, Margalef 1947 a, b). Aus dem Untersuchungsgebiet wurden von 33 Stellen etwa 70 Diatomeen-Proben bearbeitet. Die Präparate wurden mit Hilfe eines Objektführers durchgemustert und dabei die Abundanz (Individuenzahl) der vertretenen Arten nach einer sechsteiligen Skala geschätzt:

5 = massenhaft
4 = häufig
3 = in mäßiger Menge
2 = spärlich
1 = selten
+ = sehr vereinzelt

---

[1]) Die Zusammensetzung des Aufwuchses gliedert Rehbronn (1937) in drei Schichten: 1. die distale Schicht, deren Hauptvertreter gestielte, festsitzende Gomphonemen und Cymbellen sind, 2. die proximale Schicht vor allem mit anhaftenden oder auf der Unterlage umherkriechenden Formen und 3. die mediale Schicht mit Arten, die bandförmige Kolonien bilden und sich zwischen den Stielen der distalen Schicht aufhalten. Die Vertreter der medialen und distalen Schicht kann man etwa dem „Plocon" Margalefs (1947) zurechnen, das eine Übergangsstellung zwischen freischwebender und festsitzender Lebensweise einnimmt.

Zum Unterschied von den stets am Standort selbst vorgenommenen Schätzungen bei der Aufnahme von Phanerogamen-Gesellschaften stellen die Abundanzwerte unserer Tabellen nur Relativwerte dar, die über die absolute Häufigkeit keine Auskunft geben. Die Zeichen + bis 5 geben nur an, welchen Anteil die einzelne Art an der Gesamtheit der Individuen aller Arten hat; denn die Schätzungen erfolgten im mikroskopischen Präparat und damit ohne Beziehung zur ursprünglichen Aufwuchsfläche. Aus diesem Grunde mußte auch auf die Feststellung weiterer analytischer Gesellschaftsmerkmale wie Dominanz (Deckungsgrad) und Soziabilität (Geselligkeit) verzichtet werden. Aus methodischen Gründen haben wir auch nur die Diatomeen erfaßt und konnten andere Organismengruppen, z. B. Chlorophyceen, bei der Bestandsanalyse vorläufig nicht berücksichtigen.

Alle Aufnahmen wurden in einer Rohtabelle zusammengefaßt. Die Ausscheidung und Gliederung der Assoziationen erfolgte auf Grund pflanzensoziologisch-ökologischer Gruppen. In den Gesellschaftstabellen stehen die Charakterarten der Assoziation an der Spitze; es folgen die Differentialarten der Assoziation und der Subassoziationen, dann die Charakterarten der höheren Vegetationseinheiten (Verbände), zuletzt die Begleiter, die Zufälligen und die sporadischen Formen; hochstete Begleiter einer Assoziation haben in dieser ein Häufigkeitsmaximum, sind aber nicht auf eine Gesellschaft beschränkt. Die soziologische Einstufung der Arten erfolgte nach ihrer mehr oder weniger engen Bindung an eine bestimmte Artenkombination, das heißt nach ihrer Gesellschaftstreue. Die Charakterarten müssen einen deutlichen Schwerpunkt des Vorkommens in den Pflanzengesellschaften haben, die sie kennzeichnen sollen. Die Assoziations-Differentialarten sind nicht an eine bestimmte Pflanzengesellschaft gebunden, sondern dienen zur Abgrenzung gegen nahe verwandte Assoziationen; sie haben meist einen hohen ökologischen Zeigerwert. Die Begleiter sind ohne ausgesprochene Bindung an eine Gesellschaft; die Zufälligen stellen versprengte Glieder aus anderen Gesellschaften dar. Die letzte Gruppe ist nur in Tabelle 2 gesondert aufgeführt, in den übrigen Tabellen mit den Begleitern oder den vereinzelt auftretenden Formen vereinigt. Die Bestimmung des soziologischen Ranges der einzelnen Arten erfolgte im wesentlichen auf Grund ihres Verhaltens im Untersuchungsgebiet; soweit möglich wurde aber ihre sonstige Verbreitung berücksichtigt. Dabei kann es sich vorerst nur um einen Anfang handeln, weil unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet noch sehr unzureichend sind. Auf Grund gemeinsamer Kennarten-Gruppen wurden im Gebiet 5 Assoziationen unterschieden (s. S. 606). Von diesen ließen sich jeweils 2 zu einer höheren soziologischen Einheit (Verband) zusammenfassen. Die Benennung der soziologischen Kategorien erfolgte in der üblichen Weise, wonach die Namen nach einer oder zwei typischen Arten gebildet werden. Dabei wird bei den Assoziationen an einen Gattungsnamen die Endung -etum, bei einem Verband die Endung -ion angehängt; die Artnamen folgen in beiden Fällen im Genitiv.

Die Tabellen enthalten jeweils vollständige Artenlisten. Lediglich bei den Taxa unterhalb der Art wurden gewisse Vereinfachungen vorgenommen. Diese sind nur dann aufgeführt, wenn sie auf Grund der tabellarischen Auswertung für bestimmte soziologische Einheiten kennzeichnend sind, ebenso dann, wenn sie besonders häufig auftreten oder die typische Form der betreffenden Art im Gebiet fehlt bzw. selten ist.

3. Ökologische Charakterisierung der Gesellschaften

Über die artenmäßige Zusammensetzung hinaus werden die ausgeschiedenen Assoziationen vor allem durch die Wasserverhältnisse an ihren Standorten gekennzeichnet. Diese sind an anderer Stelle ausführlich dargestellt (M. SCHLÜTER 1958/59). Die dort mitgeteilten zahlreichen Wasseranalysen aus den Jahren 1954 bis 1957 werden in Tabelle 1 meist in Form von Durchschnittswerten zusammengefaßt. Bei der ökologischen Charakterisierung der einzelnen Gesellschaften werden die wasserchemischen Daten mit dem Nährstoffspektrum von HÖLL (1928) verglichen, woraus sich Rückschlüsse auf den Trophiegrad der untersuchten Standorte ergeben. Zur Veranschaulichung der Verhältnisse wurde für jede soziologisch unterschiedene Standortgruppe ein Diagramm für den relativen Anteil der acht wichtigsten Ionen ($K^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, SO_4'', Cl', HCO_3' und CO_3'') nach dem Verfahren von MAUCHA (1932) entworfen (Abb. 2). Die dafür erforderliche Bestimmung von Kalium und Natrium erfolgte flammen-

Tabelle 1. Wasseranalysen aus den Untersuchungsjahren 1954—1957. Mittelwerte aus ganzjährigen Versuchsreihen, ausgenommen Wiesengräben, Weiher (24) und Moosrasen (25)

	Fließe			Gräben	Weiher			Moosrasen		
	Beckerfließ (27)	Stranggraben (14)	Hauptgraben (19)	Gräben (4, 12, 17) (Frühjahrsproben)	Weiher (18)	Weiher (26)	Weiher (24) (25. 7. 1956)	Standort (16)	Standort (15)	Standort (25) (26. 4. 1957)
O_2-Gehalt mg/l	8,7	8,9	7,9	8,6	8,3	6,8	9,32	2,1	4,3	1,8
O_2-Zehrung %	36,8	23,4	25,3	45,5	30,9	53,9	0,0	88,0	73,9	87,8
$KMnO_4$-Verbrauch mg/l	41,1	14,8	17,9	16,0	33,6	26,0	6,5	98,7	55,2	33,9
pH-Wert	7,7	7,6	7,5	7,3	7,4	7,1	7,5	6,1	6,7	6,2
SBV ml/l	3,8	4,0	4,6	3,7	4,8	4,4	2,0	3,6	6,3	2,8
Chlorid (Cl) mg/l	37,8	41,4	22,6	18,7	14,3	11,8	22,0	26,4	30,6	13,6
Sulfat (SO_4) mg/l	66,5	38,7	39,2	60,8	14,3	8,4	116,9	137,3	37,6	22,4
Phosphat (PO_4) mg/l	0,36	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0	0,03	0,02	0,06
Ammonium (NH_4) mg/l	1,44	0,39	0,25	0,25	0,33	0,9	0,1	1,4	1,3	2,5
Gesamt-Eisen (Fe) mg/l	0,21	0,33	0,35	0,5	0,15	0,4	Spur	1,2	1,2	0,7
Gesamthärte °DH	15,4	16,2	16,5	16,4	15,9	14,8	14,4	19,5	21,8	13,60
Karbonathärte °DH	14,9	11,0	12,7	10,3	13,4	21,2	5,6	10,1	17,8	7,84
Nicht-Karbonathärte °DH	0,5	5,2	3,8	6,1	2,5	2,6	8,8	9,4	4,0	5,76

photometrisch[1]). Der Mg-Gehalt wurde aus der Nichtcarbonathärte (Multiplikation mit dem Faktor 4,35), der Ca-Gehalt aus der Carbonathärte (Faktor 7,143) und der Bicarbonat-Gehalt aus der Alkalinität (Faktor 61,01) ermittelt. Gelöstes Carbonat war in keinem Fall in festellbarer Menge vorhanden. Aus den Werten in mg/l ergeben sich durch Division durch das Äquivalentgewicht jeweils die Äquivalentwerte. Durch Addition der 4 Kationen und 4 Anionen werden die Summen der Äquivalentzahlen ermittelt, welche im Idealfall bei Kationen und Anionen übereinstimmen. Da aber die Bestimmungen mit Versuchsfehlern behaftet sind, welche sich ebenfalls addieren, tritt eine Differenz auf, die ausgeglichen werden muß. Zum Ausgleich habe wir nicht, wie die ungarischen Forscher, die Äquivalentwerte des Natriums, sondern diejenigen des Calciums benutzt, da dieses Kation in unseren Gewässern vorherrscht. Die relativen Ionenmengen erhält man, indem die Äquivalente der Anionen bzw. Kationen in Prozenten der jeweiligen korrigierten Äquivalentsumme ausgedrückt werden (MAUCHA 1932, S. 84, 85). Die Berechnungsweise der Ionenfelder der Flächendiagramme aus den Ionenäquivalent-Prozenten ist bei GESSNER (1958, S. 185; 1959, S. 437) beschrieben.

Neben der Kennzeichnung der Diatomeen-Standorte auf Grund wasserchemischer Daten werden, soweit möglich, auch die einzelnen Arten ökologisch charakterisiert. Hierzu wurden die in der algologischen Literatur enthaltenenen Angaben über die Standortansprüche der Arten herangezogen und in die Tabellen in Gestalt folgender Abkürzungen aufgenommen:

ae = aerophil (= atmophytisch)	mo = montan (hauptsächlich in Gebirgen)
eu = eutrophil	moo = moorige Gewässer bevorzugend
h = halophil	p = planktisch
ho = halophob	os = oligosaprob
mh = mesohalob	βm = β-mesosaprob[2])

Durch Vergleich mit bereits beschriebenen Gesellschaften von ökologisch ähnlichen Standorten wird versucht, Rückschlüsse auf die Verbreitung der neu aufgestellten soziologischen Einheiten zu ziehen.

In der vorliegenden Arbeit wird auf den Phanerogamenbewuchs der untersuchten Standorte nicht näher eingegangen. Angaben darüber, sowie über das Vorkommen von Kleinorganismen, die nicht den Diatomeen zugehören, finden sich jedoch in den vorausgegangenen Arbeiten des Verfassers (SCHLÜTER 1958/59, 1959).

IV. Beschreibung der Diatomeen-Gesellschaften

1. Gesellschaften der Fließe und Gräben

a) Naviculetum rhynchocephalae-viridulae nov. ass.
Kieselalgen-Gesellschaft der eutrophen Fließe

Tabelle 2

Innerhalb des Untersuchungsgebietes sind drei kleine Bachläufe, sogenannte Fließe, vorhanden. Das Beckerfließ durchbricht an der Westgrenze die erhöhte Sanderfläche des Diluviums; Haupt- und Stranggraben sind die wichtigsten Wasseradern der alluvialen Lange-Damm-Wiesen. Sie nehmen die meisten der kleinen, künstlich angelegten Gräben auf, die der Entwässerung des Flachmoor-Geländes dienen (Abb. 1).

Zusammensetzung und Gliederung: Die den drei Fließen gemeinsamen Arten, welche sowohl den Gräben und Weihern als auch den Moosrasen fast vollständig fehlen, werden als Kennarten der Kieselalgen-Assoziation der eutrophen Fließgewässer, Naviculetum rhynchocephalae-viridulae, zusammengefaßt (Tabelle 2). Die

[1]) Herrn Prof. Dr. TRÉNEL, dem ehem. Direktor des Instituts für Bodenkunde der Humboldt-Universität Berlin, sei für die hierbei freundlichst gewährte Unterstützung bestens gedankt.

[2]) Unter mesosaprob verstehen wir im Sinne von HUSTEDT (1957) euryoxybionte Formen, welche sich vor allem durch Euryplastizität bezüglich ihres Sauerstoffbedürfnisses auszeichnen.

Tabelle 2. Naviculetum rhynchocephalae-viridulae und Synedretum minusculae Kieselalgen-Gesellschaften der Fließe und Wiesengräben (Verband Meridio-Naviculion gregariae)

F = Filmprobe, B = Besatzprobe, S = Schöpfprobe. Angegeben ist das Datum der Probenentnahme, bei den Filmproben das Ende der durchschnittlichen 4wöchigen Expositionsdauer

Standort	Hauptgraben			Stranggraben							Beckerfließ				kleine Wiesengräben								
	19			29			14				27				12		22		23	20	17	4	21	28
Datum der Untersuchung	29. 5. 55	20. 7. 55	7. 11. 55	29. 5. 55	20. 7. 55	7. 11. 55	21. 5. 55	20. 7. 55	23. 10. 55	2. 1. 56	10. 5. 57	21. 4. 55	20. 7. 55	19. 10. 56	29. 5. 55	7. 11. 55	20. 7. 55	29. 10. 55	29. 5. 55	29. 5. 55	13. 4. 56	20. 7. 55	29. 5. 55	10. 6. 57
	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	B	B	F	F	F		F	S	F	F	F	F	F	F
C-Ass. Naviculetum rhynchocephalae-viridulae:																								
Navicula rhynchocephala	1	·	1	·	·	1	1	1	+	1	2	3	2	2	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Navicula viridula	1	+	+	·	1	·	·	+	1	2	1	2	1	1	1	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Navicula reinhardtii	+	·	+	2	1	1	2	2	2	2	·	+	·	+	+	+	·	·	+	·	·	·	·	·
Caloneis amphisbaena (ßm)	+	·	·	2	2	+	1	2	+	+	1	1	·	+	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes clevei	·	·	·	+	1	+	2	2	2	2	·	+	+	+	·	·	+	·	+	·	·	·	·	
Nitzschia recta	+	1	·	1	1	·	1	2	·	1	+	·	·	+	·	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Navicula cuspidata (ßm)	·	·	·	·	+	+	+	+	·	+	1	+	+	1	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Surirella ovata (ßm)	·	·	·	+	1	+	1	2	+	·	+	+	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Fragilaria leptostauron typ.	+	·	+	1	1	+	2	2	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·
Fragilaria construens fo. div. (os)	·	·	+	·	·	·	·	+	2	+	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+
Synedra tabulata (mh)	·	+	·	·	·	·	·	·	+	1	1	1	1	+	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Surirella angustata	·	·	·	1	1	+	1	1	+	+	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Navicula protracta (mh)	·	·	·	+	·	·	1	+	1	1	+	1	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Navicula rotaeana (mo)	·	·	·	·	·	+	+	·	+	+	+	1	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Anomoeoneis spaerophora (h)	·	·	·	·	·	·	+	·	+	+	+	1	+	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gomphonema olivaceum typ. (h)	·	·	·	·	·	·	2	2	·	1	2	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gyrosigma spenceri (mh)	+	·	·	·	·	·	+	·	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben	Stranggraben								Beckerfließ				kleine Wiesengräben							
	19	29			14					27				12		22		23	20	17	4	21	28
D-Subass. v. Cocconeis diminuta:																							
Cocconeis diminuta	.	.	+	1	2	2	2	2	.	+	.	.	.	.	1	.	1	.	+	.	.	.
Navicula costulata	.	+	.	+	+	+	1	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.
Navicula clementis	.	1	.	.	1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Neidium dubium typ.	.	+	.	+	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Navicula tuscula	.	.	.	.	+	1	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Achnanthes kolbei	.	+	.	.	1	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Navicula exigua	.	.	1	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cyclotella comta (p, os)	.	.	.	.	1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Navicula placentula	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Cymbella reinhardtii	.	+	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epithemia intermedia	.	.	.	.	+	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Navicula lacustris	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gomph. olivaceum v. *calcarea* (h)	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Navicula graciloides	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D-Subass. v. Stephanodiscus hantzschii:																							
Stephanodiscus hantzschii (ßm)	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stephanodiscus dubius (h)	.	.	.	+	.	.	.	+	2	3	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cocconeis pediculus (h)	.	.	.	.	.	+	1	.	3	1	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Melosira granulata (p, eu)	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gomphonema constrictum v. *capitata*	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Navicula accommoda (eu)	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Diatoma vulgare v. *ovalis*	.	.	.	.	+	.	.	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fragilaria virescens v. *elliptica* (mo)	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Amphora veneta (h-mh)	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cymbella tumida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fragilaria capucina v. *lanceolata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben	Stranggraben								Beckerfließ				kleine Wiesengräben									
	19	29			14					27				12		22		23	20	17	4	21	28
C-Ass. Synedretum minusculae:																							
Synedra minuscula	·	+	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·	·	+	2	+	+	·	·	2	1	+	·
Achn. lanceolata fo. *ventricosa*	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+	+	1	+	·	+	2	+	+	·
Navicula subhamulata	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+	1	+	·	+	1	·	+	·	·
Neidium binodis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	+	+	+	·	+	+	·	·	·
VC-Meridio-Naviculion gregariae:																							
Navicula gregaria (h)	2	2	2	·	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	+
Meridion circulare (os)	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	1	1	2	4	1	1	·
Navicula gracilis	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	+	+	+	2	1	+	2	2	+	·	·	·
Stauroneis smithii	1	1	1	·	+	1	1	1	1	2	+	1	1	+	+	1	+	·	+	+	1	+	+	·
Achnanthes lanceolata v. *rostrata* und v. *bimaculata*	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	·	+	+	·	1	1	+	+	+	+	1	1	1	·
Stauroneis anceps	+	+	1	1	1	+	·	+	·	+	1	2	1	1	+	1	1	+	·	·	1	+	1	+
Frustulia vulgaris	2	·	+	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	·	+	·	+	·
Navicula hungarica v. *capitata*	+	+	+	·	+	1	1	1	2	1	2	2	2	2	+	1	1	+	·	·	+	·	·	+
Pinn. microstauron typ., v. *brebiss.*	+	+	·	·	+	+	1	1	·	1	1	1	+	+	+	+	+	·	·	+	2	+	2	+
Cymbella naviculiformis	+	1	1	+	1	1	1	2	+	1	·	·	·	·	+	+	1	+	+	·	1	+	2	+
Navicula cari	1	1	1	·	+	1	+	1	·	+	·	·	+	+	+	+	+	·	+	+	+	·	+	·
Eunotia lunaris v. *subarcuata*	+	·	·	·	1	·	·	·	+	1	·	·	+	·	+	1	1	1	·	+	2	+	+	+
Cymbella sinuata	+	·	+	+	1	+	+	1	1	1	·	·	·	·	+	+	+	+	+	·	·	·	·	·
Navicula integra (mh-h)	+	·	1	+	1	+	2	1	1	1	·	·	·	·	+	1	+	·	+	·	·	·	·	·
Stauroneis legumen	·	+	+	·	·	+	·	·	+	+	+	·	·	·	+	+	+	·	+	·	1	·	·	·
Navicula pupula v. *elliptica*	·	·	1	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+	+	·	+	·	·	·	+	·	+	·
Nitzschia kützingiana	·	·	·	·	+	·	+	1	·	·	·	1	1	·	·	·	·	2	·	·	·	+	·	·
Nitzschia acuta	+	·	·	·	+	·	1	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·
Navicula exiguiformis	·	·	·	·	·	+	·	·	+	+	·	·	·	·	·	·	+	+	+	·	·	·	·	·
Caloneis bacillum v. *lancettula*	+	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	+	·	·	+	·	·	·	·	·

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben			Stranggraben							Beckerfließ				kleine Wiesengräben									
	19			29			14				27				12		22		23	20	17	4	21	28
Arten offener Gewässer:																								
Synedra ulna fo. div. (os)	2	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	·	+	1	2	·	2
Gomphonema constrictum typ. (os)	+	·	+	+	1	1	+	1	1	1	+	1	1	+	·	+	1	2	+	·	1	1	·	+
Navicula oblonga	+	·	+	1	1	1	2	1	1	1	+	+	+	+	1	+	·	·	·	+	1	+	+	+
Nitzschia sigmoidea (os)	+	+	+	·	1	+	1	1	+	+	1	1	+	+	·	+	+	·	·	·	+	+	·	+
Synedra acus typ. (os)	1	·	1	1	1	1	1	1	+	1	2	2	1	+	+	+	+	1	·	·	1	·	·	·
Rhoicosphenia curvata	1	2	1	·	1	+	1	2	1	1	+	1	1	+	+	+	·	·	+	·	+	·	·	·
Amphipleura pellucida	2	2	1	2	1	1	+	+	+	+	·	+	·	·	1	1	·	1	·	·	·	·	·	+
Melosira varians (ßm)	·	·	1	·	+	+	2	1	+	1	1	2	2	1	·	+	+	5	+	·	·	·	·	·
Fragilaria pinnata	+	+	+	·	·	+	+	·	·	1	+	+	1	+	+	+	+	·	1	·	·	·	·	·
Nitzschia acicularis (p, ßm)	+	·	1	·	1	+	+	+	·	·	+	1	·	·	+	+	+	+	·	·	+	+	·	·
Cyclotella meneghiniana (h)	1	·	2	·	·	+	+	1	+	+	2	3	2	2	·	+	+	3	·	·	·	·	·	·
Achnanthes hungarica	+	·	+	·	·	·	·	1	+	·	2	2	3	3	·	+	+	1	·	+	+	+	·	·
Gyrosigma attenuatum (os)	1	·	+	+	1	+	+	1	1	+	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	+	+	·	·
Neidium affine	·	·	·	·	·	·	+	+	·	+	+	+	+	+	+	+	+	·	·	·	+	+	·	1
Cymatopleura solea	+	1	+	+	1	+	1	1	·	+	·	·	·	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Diatoma elongatum	+	·	+	·	·	·	2	+	+	+	2	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+
Fragilaria capucina v. *mesolepta*	·	·	·	·	·	·	+	·	+	·	1	2	2	+	·	·	·	+	+	·	·	·	·	+
Synedra rumpens	·	·	+	·	·	·	1	·	+	·	+	1	1	·	·	·	·	2	·	·	·	+	·	·
Navicula bacillum	·	·	·	·	+	·	·	+	+	+	+	1	·	+	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia romana	·	·	·	·	·	·	+	1	+	+	·	1	1	+	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·
Melosira italica	·	·	·	·	·	·	1	1	·	1	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	1	4	+	·
Synedra parasitica	·	·	·	·	·	·	+	·	+	·	·	·	·	·	+	·	+	·	·	·	+	+	·	+
Fragilaria bidens	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	1	1	2	+	·	·	+	+	·	·	·	·	·	·
Stauroneis kriegeri	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	1	+	+	·	+	·	·	·	·	+	·	·	·
Fragilaria intermedia	·	·	·	·	1	·	1	1	1	1	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Epithemia sorex (os)	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1	·	+	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gomph. lanceolatum v. *insignis*	·	·	·	·	1	+	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	1	·	·	·	+	·	·	·

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben			Stranggraben							Beckerfließ				kleine Wiesengräben									
	19			29			14				27				12		22		23	20	17	4	21	28
Sonstige Begleiter:																								
Gomphonema parvulum	2	1	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	1	1	3	2	1	1	1	4	2	2	2
Navicula cryptocephala	2	3	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	+	1	2	+	1
Gomph. angustatum typ. und v. *producta*	2	1	1	+	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	+	1	+	3	+	2	+
Nitzschia linearis (os)	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	+	3	1
Achnanthes lanceolata typ.	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	2	3	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2	4	·
Cocconeis placentula	4	4	4	4	3	3	4	5	3	3	1	2	3	2	1	1	2	+	3	+	+	2	·	2
Nitzschia palea (ßm)	1	2	2	2	2	1	2	1	1	+	2	2	1	1	+	+	2	2	+	+	1	2	·	+
Navicula radiosa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	+	1	1	1	2	1	·	1	1	1	2
Achnanthes minutissima (os)	3	4	3	4	4	3	3	3	2	2	1	2	2	+	3	2	3	2	2	2	3	2	·	1
Gomph. longiceps v. *subclavata*	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	+	·	+	+	1	2	2	1	1	2	2	+	2	1
Amphora ovalis typ. und v. *pediculus* (os)	1	+	+	1	+	1	2	2	2	2	+	2	2	1	+	1	1	+	+	+	·	+	·	1
Nitzschia dissipata	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	+	1	1	·	1	1	2	2	1	1	1	1	·	1
Eunotia pectinalis typ., v. *minor*	+	1	1	1	1	1	1	1	1	2	+	+	+	+	+	1	1	+	+	·	+	1	·	+
Navicula cincta	1	1	+	·	+	·	+	1	+	1	1	2	1	1	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+
Gomphonema acuminatum typ. und v. *coronata* (os)	+	·	1	2	2	2	1	1	+	1	+	1	+	+	+	1	2	2	+	+	1	1	·	1
Nav. pupula typ., v. *capitata* (os)	1	·	+	·	+	+	+	+	1	+	1	1	2	+	+	+	1	+	+	+	2	+	1	2
Epithemia turgida (os)	+	+	+	·	·	+	1	1	2	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	·	+
Hantzschia amphioxys	1	·	1	1	1	+	·	+	·	+	+	+	1	1	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
Pinn. viridis typ., v. *sudetica* (mo)	·	+	·	1	+	+	+	+	·	1	+	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	2	1
Diploneis puella	2	1	+	·	+	+	+	1	1	1	·	·	+	·	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+
Eunotia lunaris	1	+	2	+	1	2	·	1	1	2	+	1	·	+	1	2	1	2	·	·	2	+	+	3
Navicula dicephala (os)	1	+	·	+	1	+	+	1	+	1	+	+	·	+	+	+	1	+	·	+	+	·	+	+
Stauroneis phoenicenteron (ßm)	1	·	+	1	1	+	+	+	·	+	+	1	·	+	+	+	1	+	+	·	+	+	+	+
Cymbella ventricosa (os)	2	1	1	1	+	1	2	1	+	1	1	1	+	+	+	·	+	+	·	·	·	+	·	+
Opephora martyi	2	1	2	·	1	2	2	2	2	1	·	·	1	+	+	1	+	+	1	·	+	+	+	·
Nitzschia amphibia	·	+	+	·	+	+	+	1	1	+	1	2	1	1	+	+	+	+	·	·	+	+	·	1

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben			Stranggraben							Beckerfließ				kleine Wiesengräben									
	19			29			14				27				12		22		23	20	17	4	21	28
Caloneis silicula	·	·	·	·	·	+	+	+	+	1	+	1	+	1	+	1	1	·	+	+	+	+	1	2
Nitzschia communis (ßm)	+	1	+	+	1	+	+	1	·	+	+	·	·	+	+	+	+	·	+	+	+	+	·	·
Epithemia zebra (os)	+	+	+	·	·	·	1	+	2	1	+	2	1	+	·	·	+	·	+	+	1	3	+	1
Caloneis bacillum	1	1	·	·	+	+	·	·	+	+	·	+	+	·	+	+	+	+	·	1	+	+	1	+
Cymbella cymbiformis	1	1	+	1	2	1	+	1	+	+	+	1	·	·	·	+	+	·	·	·	·	·	+	1
Navicula menisculus	1	·	+	2	2	1	2	2	1	+	·	·	·	·	+	1	+	+	·	+	+	·	+	·
Fragilaria capucina (os)	·	+	1	·	·	1	·	·	+	+	2	·	2	+	+	+	+	+	+	·	+	+	+	·
Navicula seminulum	+	+	+	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+	+	+	+	2	2	·	1	+	·	+	·
Nitzschia frustulum (h)	1	·	1	2	1	+	·	·	1	+	·	·	·	+	·	·	1	+	1	+	+	·	+	+
Rhopalodia gibba (os)	·	·	+	+	+	·	+	1	1	+	·	·	·	+	+	+	+	·	·	+	+	3	·	1
Diploneis ovalis	·	·	·	·	+	+	1	+	+	1	·	·	+	·	+	+	2	·	·	+	+	+	+	2
Navicula mutica fo. div.	·	1	1	+	+	1	·	1	·	+	+	·	·	+	+	·	+	·	·	+	1	+	·	·
Fragilaria leptostauron v. *dubia*	·	·	·	1	1	1	2	2	1	1	·	+	+	·	·	·	+	+	+	·	+	+	·	·
Amphora normanii (mo)	·	+	1	+	+	·	·	+	·	1	·	1	·	·	+	1	1	+	·	1	+	·	·	·
Nitzschia perminuta	·	1	·	·	1	·	·	·	·	+	+	·	·	·	1	1	2	2	2	1	1	2	+	·
Pinnularia gracillima	·	·	+	·	·	·	+	1	+	+	·	·	·	·	+	+	+	·	·	+	+	+	+	1
Cymbella aspera	·	·	·	+	+	+	+	·	·	+	·	·	·	+	+	+	1	+	·	·	+	·	+	+
Navicula minuscula	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+	+	+	+	1	+	+	1	·	+	·
Navicula contenta fo. div. (mo, ae)	+	·	+	·	·	1	·	·	·	+	+	+	1	+	·	·	+	·	·	+	+	·	·	·
Pinnularia borealis (ae)	+	·	+	·	·	+	·	·	+	·	+	+	+	+	·	·	+	+	·	·	+	·	·	·
Gomphonema gracile	·	·	·	·	·	·	·	1	·	+	+	1	·	+	+	2	+	·	·	·	2	+	·	1
Cymbella microcephala	+	+	1	·	·	·	·	·	+	+	·	·	·	·	+	·	·	·	+	+	·	+	·	+
Rhopalodia gibberula (h)	·	·	·	+	+	·	·	+	·	+	+	·	·	+	+	+	·	·	·	·	+	·	·	1
Cymbella aequalis (mo)	·	·	+	·	+	+	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+	+	·	·	1
Pinnularia gibba	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+	·	1	1	+	+	·	·	·	·	·	+	·	·	2
Diploneis petersenii (mo)	·	·	·	·	·	·	·	+	·	+	·	·	·	·	+	+	·	·	·	+	+	+	·	+
Stephanodiscus astraea (p, eu)	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	+	·	·	+	·	+	+	·	·	·	·	·	+	+
Achnanthes exigua fo. div. (ae ?)	·	·	·	·	·	+	·	+	+	+	·	·	·	+	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·
Campylodiscus noricus v. *hibernica*	·	·	·	+	+	·	1	+	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia gracilis	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	+	·	·	+	1	·	·

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Hauptgraben			Stranggraben							Beckerfließ				kleine Wiesengräben									
	19			29			14				27				12		22		23	20	17	4	21	28
Nitzschia fonticola	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+	·	1	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia paleacea	·	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia radicula	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·
Zufällige:																								
Cymbella cistula (os)	+	·	·	·	·	·	+	1	+	1	1	1	·	+	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes affinis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·	+	·	·	+	+	+	·	+	+	·	·
Denticula elegans (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+	·	·	·	·	·	+	+	+	+	+	·
Eunotia gracilis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	+	+	+	+	·	·	·	+	·	·	1
Synedra acus v. *radians*	·	·	1	·	·	·	1	·	·	+	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	1	·	2
Fragilaria crotonensis (p, os)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+	·	+	·	1	+	·	+	·	·	·
Synedra capitata	+	·	·	·	·	·	+	+	1	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Frag. construens v. *subsalina* (h)	·	·	+	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·
Nitzschia capitellata (h)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	+	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+
Achnanthes conspicua (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	+	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Fragilaria brevistriata (os)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·
Gomphonema augur	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Cymbella cesatii (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	+
Pinnularia stomatophora (mo)	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·
Navicula oppugnata	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes lapponica (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+
Pinnularia molaris (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+
Anomoeoneis exilis (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1
Eunotia flexuosa (moo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	1	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia sinuata	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Navicula bryophila (ae)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+	·	·
Pinnularia nodosa (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	1
Pinnularia gentilis (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	
Pinnularia nobilis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	+

Zu Tabelle 2: Nur vereinzelt wurden beobachtet:

Hauptgraben (19): *Eunotia exigua* (ae), *Frustulia rhomboides* v. *saxonica* (ho), *Diploneis oculata*, *Stauroneis montana* (mo, ae), *Navicula perpusilla* (mo, ae), *Pinnularia interrupta*, *Gomphonema longiceps*.

Stranggraben (29): *Fragilaria virescens* typ., *Synedra amphicephala*, *Achnanthes lanceolata* v. *elliptica* (mo), *Navicula anglica*, *Pinnularia interrupta*, *Nitzschia hantzschiana*, *N. holsatica* (p).

Stranggraben (14): *Cyclotella kuetzingiana* (os), *Tabellaria fenestrata* (p, os), *Fragilaria virescens*, *Synedra acus* v. *angustissima* (p), *Eunotia exigua* (ae), *Neidium iridis*, *Stauroneis montana* (mo, ae), *Navicula perpusilla* (mo, ae), *N. gastrum* (os), *N. decussis*, *N. scutelloides*, *Pinnularia interrupta*, *Cymbella prostrata*, *Gomphonema augur*, *G. intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia apiculata* (mh), *Surirella linearis*.

Beckerfließ (27): *Cyclotella stelligera*, *Synedra actinastroides* (p), *Achnanthes linearis* (mo), *Cocconeis scutellum* (mh), *Gyrosigma acuminatum* typ., *Navicula perpusilla* (mo, ae), *N. hungarica* (os), *N. gastrum* (os), *Pinnularia irrorata*, *Cymbella cistula* v. *maculata*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia stagnorum* (ßm), *N. thermalis*.

Graben (12): *Synedra pulchella*, *Eunotia alpina* (mo), *Navicula fossalis* (ae), *Cymbella hustedtii*, *Nitzschia thermalis*.

Graben (22): *Achnanthes coarctata* (mo, ae), *Navicula insociabilis* (ae).

Graben (23): *Fragilaria virescens* v. *oblongella* (mo), *Achnanthes peragallii* (mo).

Graben (17): *Synedra parasitica*, *Stauroneis montana* (mo, ae), *Pinnularia leptosoma* (mo), *P. obscura*, *P. viridis* v. *clevei*, *Nitzschia thermalis*, *Surirella robusta* v. *splendida* (os).

Graben (4): *Synedra acus* v. *angustissima* (p), *S. parasitica*, *Nitzschia thermalis*, *Surirella robusta* v. *splendida* (os).

Quellgraben (21): *Stauroneis montana* (mo, ae).

Graben (28): *Synedra amphicephala*, *Eunotia alpina* (mo), *E. formica*, *Neidium iridis*, *Navicula densestriata*, *Pinnularia irrorata*, *P. legumen*, *Cymbella hustedtii*, *Denticula tenuis* v. *crassula* (mo), *Epithemia argus*, *Surirella linearis*.

beiden namengebenden Arten treten hier am häufigsten und stetigsten auf; *Navicula viridula* ist befähigt, bei Wasserbewegung Gallertschläuche auszubilden. Hinzu kommen infolge des Nährstoffreichtums neben einigen β-Mesosaprobien verschiedene halophile bis mesohalobe Arten, ferner *Achanthes clevei*, *Fragilaria leptostauron*, *F. construens* und *Gomphonema olivaceum*, welche im Strausberger Untersuchungsgebiet fast ausschließlich in den Fließen beobachtet wurden. RAABE (1951) gibt *G. olivaceum* besonders für lotische Bezirke an. Auch die montane *Navicula rotaeana* scheint für unsere Fließe typisch zu sein; diese Art wurde schon von W. KRIEGER (1933) im Tegeler Mühlenfließ bei Schildow im Norden von Berlin beobachtet und kommt in ähnlichen Gewässern auch in Ostholstein vor.

Das Naviculetum rhynchocephalae-viridulae der Fließe ist durch Trennarten-Gruppen noch weiter zu gliedern. Neben der typischen Subassoziation ohne besondere Trennarten ist eine Subass. von *Cocconeis diminuta* und eine Subass. von *Stephanodiscus hantzschii* zu unterscheiden.

Die typische Subassoziation fand sich im mittleren Stranggraben (29) und im Hauptgraben (19). Sie repräsentiert offenbar die Gesellschaft in ihrer normalen Ausbildung.

Im unteren Stranggraben (14) nahe der Einmündung in den Stienitz-See wurde die durch eine Reihe vorwiegend lakustrischer Diatomeen unterschiedene Subass.

von Cocconeis diminuta festgestellt. Die kennzeichnenden Differenzialarten kommen sonst im Untersuchungsgebiet nur ganz vereinzelt vor. Mehr als die Hälfte von ihnen sind hauptsächlich aus Seen bekannt, und zwar *Cyclotella comta* (*p*), *Cocconeis diminuta*, *Achnanthes kolbei*, *Navicula costulata* (Grundschlamm), *N. graciloides*, *N. lacustris*, *N. tuscula* (Grundschlamm) und *Epithemia intermedia* (Litoral). Wahrscheinlich stammen diese Arten aus dem Stienitz-See und werden bei Winden aus SW in den unteren Stranggraben eingespült, wo sie sich dann vermehren; sie fehlen im mittleren Stranggraben (29) fast völlig.

Die letzte Subassoziation fand sich in dem durch stärkere Eutrophierung infolge Zufuhr organischer Abwässer ausgezeichneten Beckerfließ (27). Hier sind der Gehalt an organischen Stoffen, ausgedrückt durch den hohen Permanganatverbrauch, und die Sauerstoffzehrung am größten (Tabelle 1); auch die Werte für Sulfat, Phosphat und Ammonium sind deutlich erhöht. Im Zusammenhang damit treten Diatomeen auf, die als Trennarten einer besonderen Subass. von Stephanodiscus hantzschii betrachtet werden. Die namengebende Art zeigt als β-Mesosaprobier am besten den Verschmutzungszustand des Baches an und wurde ebenfalls in der durch Viehweiden und Gehöfte verunreinigten Kossau in Holstein von Raabe (1951) häufig festgestellt; die Alge zeigt ein Frühjahrsmaximum, ist aber ganzjährig zu beobachten. Neben den β-Mesosaprobien deuten *Amphora veneta* (h-mh), *Stephanodiscus dubius* (h) und *Cocconeis pediculus* (h) auf erhöhten Ionengehalt des Wassers hin. Die letztgenannte Art entwickelt sich vor allem auf *Cladophora glomerata* und ist im Untersuchungsgebiet bedeutend seltener als *C. placentula*; am häufigsten tritt *C. pediculus* in dem eutrophierten Beckerfließ und im Weiher (24) mit geringem $KMnO_4$-Verbrauch aber hohen Sulfatwerten auf. Die eutrophile *Navicula accommoda* wurde zuerst von Hustedt (1950) aus norddeutschen Seen beschrieben; später wurde sie auch an anderen Standorten gefunden (Hustedt 1957 S. 264), wonach die Alge als typisch für verunreinigte Gewässer anzusehen ist. *Cymbella tumida* hat im Beckerfließ ihr einziges Vorkommen im Untersuchungsgebiet und scheint wie *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* stärker eutrophierte Standorte zu bevorzugen.

Standortverhältnisse: Das Naviculetum rhynchocephalae-viridulae kommt innerhalb eines relativ großen ökologischen Bereiches vor, so daß mit einer ziemlich weiten Verbreitung der Gesellschaft zu rechnen ist. Wir fanden sie in den sommerwarmen Strausberger Fließen bei mittelstarker Strömung und einer Wassertiefe von 10 bis 50 cm. Während der Grund von Haupt- und Stranggraben innerhalb der Lange-Damm-Wiesen locker-torfige Beschaffenheit hat und hier dem Bach-Röhricht angehörige Phanerogamen vorkommen, ist der Grund des Beckerfließes (27) an der Probeentnahmestelle sandig-steinig ohne Phanerogamen-Bewuchs.

Die Wohngewässer des Naviculetum rhynchocephalae-viridulae sind schwach alkalisch und das ganze Jahr über gut durchlüftet, Sauerstoffübersättigung tritt jedoch kaum ein. Die Sauerstoffzehrung schwankt je nach dem Gehalt an gelösten organischen Stoffen etwa zwischen 23 und 37% des O_2-Gehaltes. Die Werte für Phosphat entsprechen der Oligostufe des Höllschen Nährstoffspektrums, Ammonium und Eisen der Oligo-Mesostufe, Chlorid und Sulfat der Mesostufe (Höll, 1928). Das Wasser der Fließe ist ziemlich hart (Härtestufen nach Klut) und gut gepuffert; zu Kalktuffbildung kommt es jedoch nirgends.

Die Mengenverhältnisse der wichtigsten Kationen und Anionen sind in Tabelle 3 zusammengestellt und außerdem in Abb. 2a als Ionenfeld-Diagramm graphisch dargestellt. Die Ionenäquivalente sind in nachstehender Reihenfolge gestaffelt: Kationen $Ca > Mg > Na > K$, Anionen $HCO_3 > SO_4 = Cl$. Die Verhältnisse entspre-

chen weitgehend dem im Süßwasser vorherrschenden Calciumbicarbonat-Typus (GESSNER 1959 S. 314). Eine Abweichung besteht nur bei den Anionen, denn Sulfat und Chlorid sind in gleichen Äquivalentprozenten vorhanden. Die festgestellten Werte für Kalium sind sehr gering; CO_3 konnte wie an allen übrigen Standorten nicht nachgewiesen werden.

Am meisten Ähnlichkeit hat das Ionenfeld-Diagramm der Strausberger Fließgewässer mit dem von RODHE (1949) für die Seen von Uppland (Schweden) mitgeteilten Diagramm, das nach Analysenergebnissen von LOHAMMAR (1938) berechnet ist; allerdings ist vor allem das Ionenfeld des Magnesiums, aber auch das des Natriums größer als bei unseren Fließen. Bei MAUCHA (1932) findet sich kein ähnliches Beispiel.

Tabelle 3. Relative Ionen-Verhältnisse an den Standorten der Diatomeen-Gesellschaften des Strausberger Gebietes

	Naviculetum rhynch.-virid.		Synedretum minusculae		Eunotietum formicae		Fragilarietum subsalinae		Caloneo-Naviculetum bryoph.	
	Fließe		Wiesengräben		eutr. Weiher		Quellweiher		Moosrasen	
	mg/l,	Äq. %	mg/l,	Äq. %	mg/l,	Äq. %	mg/l,	Äq. %	mg/l,	Äq. %
Kationen										
$K^{\cdot}$ (Kalium)	5.3	1.6	2.8	1.8	2.5	1.1	1.3	0.6	7.2	2.9
$Na^{\cdot}$ (Natrium)	22.1	16.4	12.4	9.1	13.3	11.1	7.4	6.3	11.8	8.0
$Ca^{\cdot\cdot}$ (Calcium)	92.1	63.9	73.6	49.1	91.4	70.6	40.0	30.9	85.0	52.2
$Mg^{\cdot\cdot}$ (Magnesium)	13.9	18.1	26.5	40.0	11.3	17.2	38.3	62.2	27.8	36.9
Anionen										
Cl' (Chlorid)	33.9	16.4	18.5	9.1	13.1	7.6	22.0	12.3	23.5	10.6
SO_4'' (Sulfat)	48.1	16.4	60.8	23.6	11.4	4.6	116.9	48.1	65.8	22.0
HCO_3' (Bikarbonat)	250.1	67.2	225.7	67.3	280.7	87.8	122.0	39.6	256.2	67.4

Gesellschaftsvergleich: Die Strausberger Fließe sind in ihrer Diatomeen-Besiedlung mit den holsteinischen Fließgewässern (RAABE 1951) und dem stark eutrophierten Tegeler Mühlenfließ von Schildow bei Berlin vergleichbar. Für letzteres gibt KRIEGER (1933) pH = 8, Ca-Härte = 11,9 und Cl = 60—80 mg/l an; er schreibt, daß die Zusammensetzung der Algenflora als typisch für eutrophierte Fließe gelten kann. Die von uns ausgeschiedenen Ass.-Kennarten des Naviculetum rhynchocephalae-viridulae beobachtete RAABE auch in Wasserläufen von Ostholstein. Sie sind ferner fast alle im Tegeler Mühlenfließ vertreten. Von den dort fehlenden Formen beobachtete KRIEGER *Synedra tabulata*, *Anomoeoneis sphaerophora* und *Gomphonema olivaceum* in benachbarten kleinen Wiesengräben, in die sie wahrscheinlich bei Hochwasser eingeschwemmt wurden; nur *Fragilaria leptostauron*, *Gyrosigma spenceri* und *Nitzschia recta* werden für Schildow nicht angegeben.

Im Hinblick auf die Subass. v. *Stephanodiscus hantzschii* ist das von SAUER (1937) aus ostholsteinischen Seen beschriebene „Cladophoretum glomeratae" von Interesse. Die einzige als Charakterart angesehene Form ist hierbei *Cladophora glomerata*; die Alge tritt im Frühjahr auch im Beckerfließ auf und wird dann völlig von der Auf-

wuchsdiatomee *Cocconeis pediculus* überzogen. Diese ist in den holsteinichen Fließgewässern ebenfalls Hauptaufwuchsform auf *Cladophora*. Unter den von SAUER genannten hochsteten Begleitern seines Cladophoretum sind vor allem die *Epithemia*-Arten wichtig, die in Seen zur Massenentwicklung gelangen. Diese werden in unseren Fließen durch Bachformen wie *Meridion circulare, Navicula rhynchocephala, N. viridula, N. gracilis* usw. zurückgedrängt. Dazu kommen im Beckerfließ wegen der organischen Verschmutzung die oben genannten β-mesosaproben und halophilen Arten. Wir haben es vorgezogen, die für das Beckerfließ charakteristische Algengesellschaft nach einer das ganze Jahr über vorhandenen Art, *Stephanodiscus hantzschii*, zu benennen, welche außerdem Rückschlüsse auf die chemische Beschaffenheit des Fließes gestattet.

Schließlich sei noch auf das von KURZ (1922) beschriebene „Diatometum" hingewiesen, eine Gebirgsbachgesellschaft, die vor allem durch die montanen Arten *Tetracyclus braunii, Diatoma hiemale, D. anceps, Ceratoneis arcus, Achnanthes flexella* und die Rhodophyceen *Batrachospermum moniliforme* und *Hildenbrandtia* gekennzeichnet ist. Auch hier finden sich mit unseren Fließen gemeinsame Bachformen wie *Meridion circulare, Cocconeis pediculus, Navicula cuspidata, N. viridula, N. gracilis* und *Gomphonema olivaceum*.

b) Synedretum minusculae nov. ass.
Kieselalgen-Gesellschaft eutropher Wiesengräben

Tabelle 2

Zusammensetzung: Eine nur kleine Gruppe von Kennarten konnte für die Entwässerungsgräben des Strausberger Gebietes ausgeschieden werden; die zugehörige Assoziation erhält den Namen Synedretum minusculae (Tabelle 2). Die namengebende Art bezeichnet HUSTEDT (1930 S. 158) als Litoralform stehender Gewässer, Gräben und Sumpfwiesen. Die für *Synedra minuscula* angegebenen ökologischen Ansprüche entsprechen gut den Verhältnissen in den Strausberger Flachmoorgräben. *Navicula subhamulata* ist ebenfalls eine Litoralform ruhiger Gewässer. *Neidium binodis* (= *Navicula binodis*) fand KRIEGER (1933) bei Schildow im Tegeler Mühlenfließ und in einem Wiesengraben. Ob *Achnanthes lanceolata* fo. *ventricosa* in den untersuchten Gräben einen typischen Standort hat, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Es ist möglich, daß sich anhand von umfangreicherem Material, als es uns jetzt zur Verfügung steht, die Gruppe der Ass.-Kennarten erweiteren läßt. Allerdings deuten die wasserchemischen Bedingungen der Gräben auf eine Mittelstellung zwischen den Fließen und den Moosrasen hin. Durch diesen Übergangscharakter erklärt sich vielleicht die Armut an guten Kennarten.

Über die in Tabelle 2 ausgeschiedenen Verbands-Kennarten, die Arten offener Gewässer, die Begleiter und Zufälligen wird im folgenden Abschnitt noch zu sprechen sein (S. 585).

Standortverhältnisse: In ökologischer Hinsicht ist das Synedretum minusculae an kleine eutrophe Gräben mit stehendem oder nur schwach fließendem Wasser gebunden. Der Grabengrund ist von locker-torfiger Beschaffenheit; sind Phanerogamen vorhanden, so gehören sie im Strausberger Gebiet dem Bach-Röhricht oder der benachbarten Kohldistel-Wiese an. Der pH-Wert liegt im schwach alkalischen Bereich (Tabelle 1), das Wasser ist ziemlich hart. Die durchschnittlichen Gehalte an Phosphat und Ammonium entsprechen der Oligostufe des HÖLLschen Nährstoffspektrums, Chlorid- und Eisenwerte der Mesostufe und das Sulfat der Polystufe.

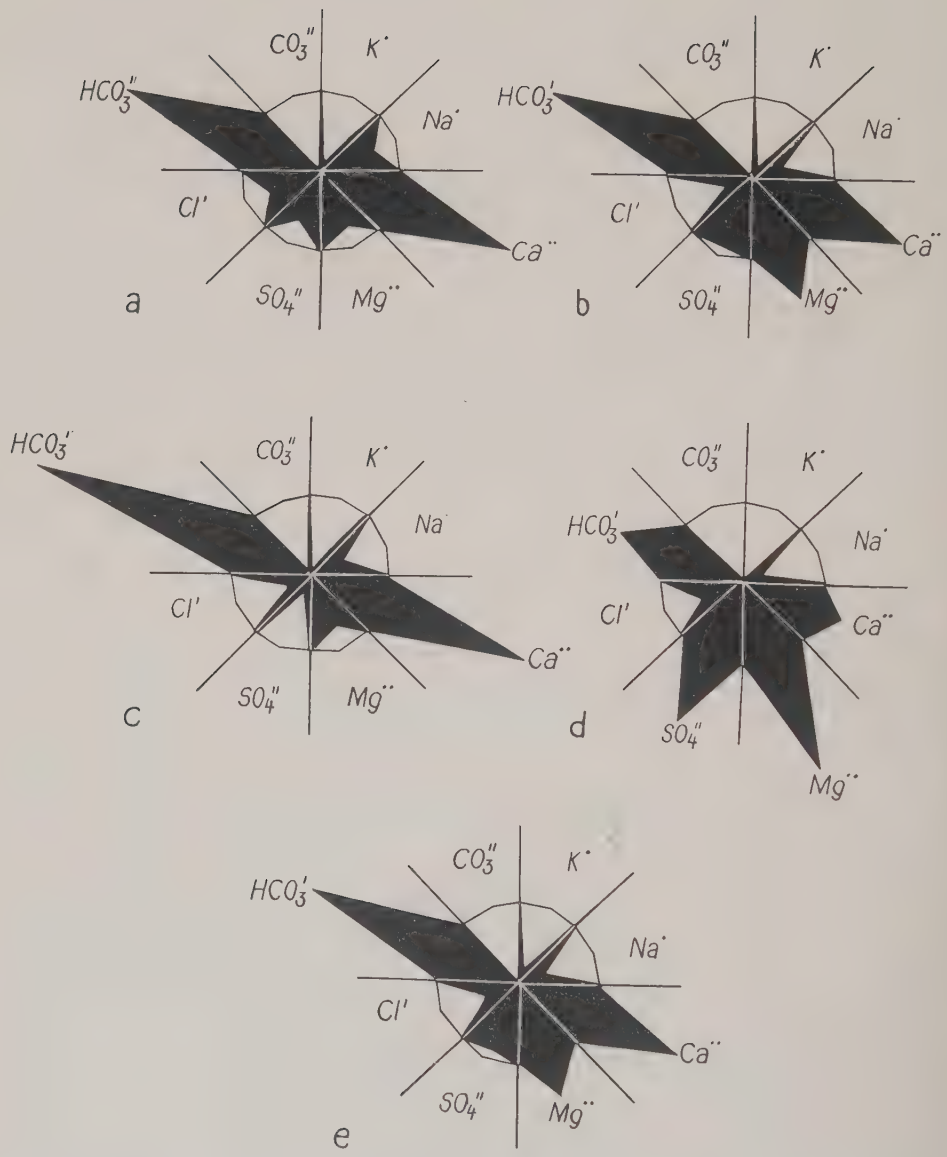


Abb. 2. Ionenfelddiagramme für die Standorte der im Strausberger Gebiet unterschiedenen Diatomeengesellschaften. *a* Naviculetum rhynchocephalae-viridulae (Fließe); *b* Synedretum minusculae (Wiesengräben); *c* Eunotietum formicae (eutr. Moorweiher); *d* Fragilarietum subsalinae (mineralreicher Quellweiher); *e* Caloneo-Naviculetum bryophilae (calciphile Moosrasen).

Die relativen Ionenverhältnisse wurden auch für das Synedretum minusculae berechnet (Tabelle 3) und als Ionenfeld-Diagramm (Abb. 2b) dargestellt. Die Äquivalentwerte der Ionen bilden folgende Reihen: Kationen Ca > Mg > Na > K, Anionen HCO_3 > SO_4 > Cl. Damit entsprechen die Verhältnisse auch hier dem Calciumbicarbonat-Typus; sie unterscheiden sich vom Diagramm der Fließe (Abb. 2a) vor allem durch höhere Äquivalentprozente des Magnesiums. Ebenfalls erhöht ist der relative Anteil an Sulfat; geringer sind dagegen die Äquivalentprozente von Chlorid und Natrium. Das daraus resultierende Ionenfeld-Diagramm (Abb. 2b) zeigt größte Ähnlichkeit mit dem der calciphilen Sumpfmoose (Abb. 2e); neben ganz geringen anderen Abweichungen ist vor allem die Differenz zwischen den relativen Ionenanteilen des Mg und Ca im Synedretum minusculae etwas kleiner. Im Vergleich mit den Moosrasen ist jedoch die Sauerstoff-Führung der Gräben bedeutend besser (Tabelle 1) und im Zusammenhang damit der $KMnO_4$-Verbrauch viel niedriger (Oligostufe).

Das Ionenfeld-Diagramm der Gräben (Abb. 2b) kann am ehesten mit dem der Seen Norrlands (101—165) von Rodhe (1949) verglichen werden. In unserem Fall sind jedoch die Äquivalentprozente des Natriums geringer, die des Sulfates höher als in den Norrland-Seen. Ein Vergleich mit den Ionenfeld-Diagrammen bei Maucha (1932) ist schwierig; es käme eventuell das der Szomóder-Quelle (Davoser-See-Typus) in Frage, vor allem bezüglich der Ionenfelder des Calciums und Magnesiums (Maucha 1932, Taf. 4). Dagegen sind dort die Äquivalentprozente für Natrium, Sulfat, Chlorid und Kalium niedriger als in den Strausberger Gräben.

Da es noch an entsprechenden Untersuchungen in anderen Gebieten fehlt, ist ein Gesellschaftsvergleich nicht möglich. Das Synedretum minusculae muß daher vorerst als lokale Diatomeen-Gesellschaft kleiner Wiesengräben aufgefaßt werden.

c) Meridio-Naviculion gregariae nov. all.

Kieselalgen-Gesellschaften eutropher Fließgewässer

Tabelle 2

Die vorstehend beschriebenen Asoziationen enthalten eine größere Artengruppe, welche beiden Gesellschaften gemeinsam ist. In anderen Gesellschaften des Gebietes treten diese Formen nicht oder höchstens sporadisch auf; sie sind daher kennzeichnend für die Fließe und Wiesengräben. Wir betrachten diese Artengruppe als Verbands-Kennarten und stellen danach den Verband Meridio-Naviculion gregariae der eutrophen Fließgewässer auf.

Unter den Verb.-Kennarten ist *Navicula gregaria* am häufigsten vertreten; die Art wurde auch in den ostholsteinischen Fließgewässern häufig beobachtet (Raabe 1951). Die Art ist halophil und bevorzugt fließende Gewässer. Zu ihrer Ökologie schreibt Hustedt (1957 S. 265): „Es dürfte kaum zweifelhaft sein, daß auch *Navicula gregaria* zu den Leitformen versalzener bzw. verschmutzter Gewässer gehört." Es folgt in der Häufigkeit *Meridion circulare* (rheophil), eine typische Bachform, welche auch aus Gebirgsbächen bekannt ist (Kurz 1922). Von den in Tabelle 2 genannten Verbands-Kennarten sind folgende auch in den holsteinischen Fließgewässern häufig oder verbreitet: *Navicula hungarica* var. *capitata*, *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata*, *Frustulia vulgaris*, *Stauroneis smithii* und *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii*. Ferner nennt Krieger (1933) als charakteristisch für eutrophe Wiesen-

gräben von Schildow: *Stauroneis legumen* und *Cymbella naviculiformis*. *Navicula gracilis* ist in den Strausberger Fließen und Gräben häufig und stetig vertreten. Diese Art kommt sowohl in schnell fließenden Bächen als auch in der Litoralzone von Seen vor, wo an Brandungsufern ähnliche ökologische Bedingungen herrschen. Bemerkenswert ist, daß *Navicula integra* (mh—h), *Cymbella naviculiformis* und *C. sinuata* im Beckerfließ fehlen, dessen Verschmutzung anscheinend nicht mehr ertragen wird.

Achnanthes lanceolata var. *bimaculata* ist von Hustedt (1950) aus dem Salemer See als Epiphyt auf *Ceratophyllum* neu beschrieben worden. Auch *Navicula exiguiformis* wurde in norddeutschen Seen festgestellt (Hustedt 1950). Die soziologische Stellung dieser beiden Arten ist wie die von *Eunotia lunaris* var. *subarcuata* noch unsicher und muß weiter überprüft werden.

Die Artengruppe der „Diatomeen offener Gewässer" in Tabelle 2 haben Fließe, Gräben und Flachmoor-Weiher gemeinsam; diese Arten fehlen dagegen fast vollkommen den Moosrasen. Es handelt sich um hydrophytische Formen, die periodische Austrocknung nicht ertragen. Ihre soziologische Stellung ist noch nicht geklärt; sie gehören wahrscheinlich z. T. höheren soziologischen Einheiten als dem Verband an, worüber jedoch noch nichts bekannt ist.

Die als Begleiter bezeichneten Arten sind vorläufig ohne erkennbaren Gesellschaftsanschluß und kommen an allen Standorts-Typen des Untersuchungsgebietes vor. Unter ihnen erreicht *Cocconeis placentula* in Strang- und Hauptgraben eine deutliche Häufung. Die soziologische Stellung der aerische Standorte bevorzugenden *Pinnularia borealis* sowie von *Navicula contenta* mit ihren Varietäten (mo. ae) ist noch unsicher. Beide Formen werden vorläufig zu den Begleitern gestellt. Im Untersuchungsgebiet ist *N. contenta* fo. *biceps* am häufigsten und zwar in den Fließen und Gräben (vgl. Hustedt 1957 S. 270).

Die am Schluß der Tabelle 2 aufgeführten „Zufälligen" sind für die Gesellschaften der Fließe und Gräben ohne Bedeutung, treten jedoch in anderen Diatomeen-Gesellschaften des Gebietes als Assoziations- oder Verbands-Kennarten auf. In ihrer Gesamtheit handelt es sich um charakteristische Formen der Weiher bzw. der aerophilen Moosrasen.

Die Gesellschaften des Meridio-Naviculion gregariae wurden im Gebiet in eutrophen, kalkreichen Flachmoor-Gräben und kleinen Bächen (Fließen) mit fast stehendem bis mäßig strömendem Wasser gefunden. Der Untergrund ist teils torfig, teils sandig-steinig. Die Sauerstofführung ist im allgemeinen gut. Der durchschnittliche Gehalt an organischen Stoffen entspricht meist der Oligostufe, ist jedoch unter besonderen Verhältnissen erhöht. Gelegentlich wird gelöstes Eisen durch Luftsauerstoff oder die chemosynthetische Tätigkeit von Eisenbakterien in dicken, ockerfarbenen Schichten als Ferrihydroxyd ausgefällt. Der pH-Wert liegt meist im schwach alkalischen Gebiet. Eine eingehende Darstellung der wasserchemischen Verhältnisse in den Fließen und Gräben von Strausberg findet sich bei Schlüter (1958/59 S. 686—698)

Es ist damit zu rechnen, daß Gesellschaften dieses Verbandes ziemlich verbreitet sind, da sie im Untersuchungsgebiet in einem relativ großen ökologischen Bereich vorkommen. Die meisten unserer Verbands-Kennarten gibt auch Krieger (1933) als typisch für die eutrophen Fließgewässer von Schildow bei Berlin an und wurden auch von Raabe (1951) in entsprechenden Gewässern von Ostholstein beobachtet. Nur zwei Kennarten unseres Verbandes sind in dem montanen „Diatometum" von Kurz (1922) vertreten, nämlich *Meridion circulare* und *Navicula gracilis*.

2. *Gesellschaften der Weiher*

a) Eunotietum formicae nov. ass.

Kieselalgen-Gesellschaft eutropher Moorweiher

Tabelle 4

Innerhalb des Untersuchungsgebietes wurde die litorale Diatomeen-Besiedlung von zwei stark mit höheren Pflanzen bewachsenen Weihern (18, 26) genauer untersucht; sie gehen in ihrer Entstehung auf ehemalige Torfstiche zurück. Ihre Diatomeen-Besiedlung unterscheidet sich deutlich von einem dritten vegetationsarmen Quelltümpel (24).

Zusammensetzung und Gliederung: Die litorale Besatzvegetation dieser Standorte (18) und (26) gestattete nur eine kleine Gruppe von Kennarten auszuscheiden: die Gesellschaft wird danach vorläufig als Eunotietum formicae bezeichnet. Die namengebende Art kommt im weiteren Gebiet verbreitet, aber selten massenhaft vor und gilt als oligosaprob, sowie Cl- und pH-indifferent (Hustedt 1957 S. 242). Weitere Ass.-Kennarten sind *Pinnularia cardinalis* und *Gomphonema augur*, welche im allgemeinen zerstreut auftreten. *Gomphonema intricatum* var. *vibrio* ist typisch für stehende Gewässer; sollte es sich bei dieser Varietät nur um eine Sporangialform der Hauptart handeln, so ist sie als Kennart nicht zu halten. Die genannten Ass.-Kennarten und eine Gruppe von Ass.-Trennarten sind den beiden Weihern (18, 26) gemeinsam, während sie Weiher (24) fehlen. Unter den Ass.-Trennarten der Standorte (18) und (26) sind die Epithemien und Rhopalodien als Aufwuchsformen in stehenden Gewässern bekannt; *Eunotia lunaris* ist charakteristisch für Moortümpel.

Der Diatomeen-Aufwuchs unterscheidet sich in den beiden Weihern (18) und (26) jeweils durch eine besondere Artengruppe. Danach läßt sich das Eunotietum formicae in zwei Subassoziationen untergliedern. Im Weiher (18) handelt es sich um die Subass. von Mastogloia lacustris, benannt nach der häufigsten Form der Trennarten-Gruppe, *Mastogloia smithii* var. *lacustris*. Die Trennarten dieser Subassoziation sind im Untersuchungsgebiet selten; die Gründe für ihr gehäuftes Vorkommen in Weiher (18) sind wahrscheinlich auf besiedlungsgeschichtlichem Gebiet, das heißt in der Art des Verlandungsverlaufes, zu suchen. An diesem Standort dominiert im Phanerogamen-Bewuchs das Teichröhricht (Scirpo-Phragmitetum), während an Standort (26) die Seerosen-Gesellschaft (Myriophyllo-Nuphareteum) vorherrscht. *Mastogloia smithii* var. *lacustris* ist eine vornehmlich limnische Form und kalkhold, während die Hauptart und alle übrigen Vertreter der Gattung vorwiegend marin sind. *Gomphonema intricatum* und *Tabellaria fenestrata* kommen vor allem in stehenden, *T. flocculosa* in moorigen Gewässern vor. Beide *Tabellaria*-Arten werden als halophob und acidiphil, *Pinnularia legumen* als halophob und pH-indifferent bezeichnet (Hustedt 1957 S. 223, 309). *Achnanthes trinodis* hat ihre Hauptverbreitung im Gebirge; *Gomphonema sphaerophorum* ist sehr selten und hat in Strausberg in Weiher (18) ihren einzigen Standort; *G. subtile* kommt häufiger vor, tritt aber meistens nur vereinzelt auf.

In Weiher (26) ist die Gyttja-Bildung wesentlich stärker als in Weiher (18); organische Zersetzungsvorgänge treten daher deutlich in Erscheinung. Diese äußern sich vor allem in einer größeren Sauerstoffzehrung und einem niedrigeren pH-Wert; auch der Ammonium-Gehalt ist erhöht (Tabelle 1). Damit verbunden kommen hier mehrere, eine verstärkte Eutrophierung anzeigende Kieselalgen vor, die den Hauptteil der Trennarten der Subass. von Melosira italica ausmachen. *Melosira italica*

Tabelle 4. Eunotietum formicae und Fragilarietum subsalinae, Kieselalgen-Gesellschaften der Flachmoor-Weiher (Verband Cymbello-Synedrion capitatae). Angegeben ist das Datum für das Ende der durchschnittlich 4wöchigen Exposition der Aufwuchsträger (Filmstreifen)

Standorte	Weiher 18			Weiher 26					Weiher 24			
Datum der Untersuchung	21. 5. 55	20. 7. 55	23. 10. 55	21. 5. 55	15. 6. 54	20. 7. 55	23. 10. 55	2. 1. 57	13. 4. 56	21. 5. 55	20. 7. 55	7. 11. 55
C-Ass. Eunotietum formicae:												
Eunotia formica	1	2	1	·	+	+	1	1	·	·	·	·
Gomphonema augur	+	1	·	1	+	1	1	1	·	·	·	·
Gomphonema intricatum v. *vibrio*	+	1	+	·	+	+	·	+	·	·	·	·
Pinnularia cardinalis	2	+	1	·	·	·	+	+	·	·	·	·
D-Ass. Eunotietum formicae:												
Epithemia zebra	3	3	2	4	4	4	3	2	·	·	·	·
Epithemia tugida (os)	2	2	1	3	3	3	3	2	·	·	·	·
Rhopalodia giba (os)	3	2	1	1	+	1	3	2	·	·	·	·
Eunotia lunaris typ.	1	2	1	+	1	+	1	1	·	·	·	·
Epithemia sorex (os)	1	+	1	·	·	·	+	+	·	·	·	·
D-Subass. v. Mastogloia lacustris:												
Mastogloia smithii v. *lacustris*	3	2	2	·	·	·	·	·	·	+	·	·
Mastogloia smithii v. *amphicephala* (h)	1	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gomphonema sphaerophorum	+	1	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gomphonema subtile	1	1	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Tabellaria fenestrata (os)	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Tabellaria flocculosa (moo)	+	+	+	·	·	·	+	·	·	·	·	·
Pinnularia legumen	+	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Gomphonema intricatum typ.	+	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes trinodis (mo)	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
D-Subass. v. Melosira italica:												
Melosira italica	·	·	·	2	1	1	2	1	·	·	·	·
Achnanthes hungarica (eu)	·	+	·	2	2	2	2	1	·	·	·	·
Stephanodiscus hantzschii (βm)	·	+	·	3	·	+	+	1	·	·	·	·
Cocconeis hustedtii	·	·	·	+	·	1	1	1	·	·	·	·
C-Ass. Fragilarietum subsalinae:												
Fragilaria construens v. *subsalina* (h)	·	+	·	·	·	·	·	·	1	1	2	1
Achnanthes affinis	·	·	·	·	·	·	·	·	2	1	2	2
Fragilaria virescens v. *mesolepta* (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1
Denticula tenuis v. *crassula* (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	1	+	1	+
Navicula oppugnata	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+
D-Ass. Fragilarietum subsalinae:												
Fragilaria capucina typ. (os)	·	·	·	·	·	·	+	+	1	3	1	1
Fragilaria intermedia	·	·	·	·	·	·	·	·	+	1	+	+
Fragilaria virescens v. *elliptica* (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	1
Diatoma elongatum (h)	·	·	·	·	·	·	·	·	2	1	+	+
Cocconeis pediculus (h)	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	1	+
Synedra rumpens	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	1
Amorpha veneta (h—hm)	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	·	+

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	Weiher 18			Weiher 26					Weiher 24			
VC-Cymbello-Synedrion capitatae:												
Cymbella cistula (os)	3	3	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2
Synedra capitata	1	1	1	+	+	1	2	2	1	1	1	1
Synedra acus v. *radians*	2	1	+	1	+	1	1	1	+	·	+	+
Eunotia gracilis	1	1	1	+	+	2	1	+	·	+	1	1
Fragilaria crotonensis (p, os)	2	1	+	1	·	·	+	1	1	2	+	1
Gomphonema acuminatum v. *brebissonii* und v. *trigonocephala* (os)	1	1	+	1	1	1	+	+	+	2	·	·
Cymbella lanceolata (os)	2	2	2	·	·	·	1	1	1	1	2	1
Achnanthes conspicua (mo)	1	+	+	·	·	·	1	+	+	·	+	+
Denticula elegans (mo)	1	+	+	·	·	·	·	·	2	3	4	2
Fragilaria brevistriata (os)	+	+	+	·	·	·	·	·	+	1	2	1
Arten offener Gewässer:												
Synedra ulna typ. und v. *biceps* (os)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2
Gomphonema constrictum (os)	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1
Rhoicosphenia curvata	·	+	+	+	·	+	+	+	+	1	+	+
Nitzschia acicularis (p, ßm)	·	+	+	+	·	+	+	+	+	1	+	+
Amphipleura pellucida	3	2	2	2	2	2	3	3	·	+	·	·
Fragilaria capucina v. *mesolepta*	·	·	·	+	+	+	+	+	1	2	1	+
Gyrosigma attenuatum (os)	+	1	2	·	·	·	+	·	2	2	1	2
Nitzschia sigmoidea (os)	+	+	+	·	·	·	+	·	+	+	+	+
Cyclotella meneghiniana (h)	1	+	·	1	1	1	1	1	·	+	·	·
Stauroneis kriegeri	·	·	·	+	+	+	1	1	+	·	+	1
Navicula oblonga	2	1	2	·	+	·	+	+	+	·	·	·
Cymatopleura solea (os)	+	+	+	·	·	·	·	·	+	1	+	+
Fragilaria pinnata	+	+	+	·	·	·	·	·	+	1	+	·
Navicula bacillum	·	+	+	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Fragilaria construens v. *venter*	+	+	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+
Melosira varians (ßm)	·	·	·	·	·	·	+	·	+	+	+	+
Fragilaria bidens	·	·	·	·	·	1	·	+	+	+	·	·
Synedra parasitica	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Neidium affine	1	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Synedra acus typ. (os)	·	·	·	·	·	·	·	·	2	1	+	·
Nitzschia romana	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	+	+
Cocconeis diminuta	+	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·
Mit Moosrasen gemeinsame Arten:												
Eunotia flexuosa (moo)	1	2	1	2	·	2	1	+	·	·	·	·
Cymbella cesatii (mo)	2	1	+	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Pinnularia acrosphaeria (mo)	+	1	1	·	·	+	1	+	·	·	·	·
Pinnularia stomatophora (mo)	·	+	·	·	·	·	+	+	+	+	+	·
Anomoeoneis exilis (mo)	2	1	+	·	·	·	+	·	·	+	·	·
Pinnularia gentilis (mo)	+	+	+	·	·	·	+	+	·	·	·	·
Sonstige Begleiter:												
Achnanthes minutissima (os)	4	2	2	2	3	2	1	2	4	4	3	2
Cocconeis placentula	3	4	2	1	2	2	2	1	2	2	3	3
Navicula radiosa	3	3	2	2	2	2	2	2	+	2	1	1
Navicula cryptocephala	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Achnanthes lanceolata typ.	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	Weiher 18			Weiher 26					Weiher 24			
Gomphonema parvulum	2	2	1	2	1	1	1	2	+	1	+	+
Gomphonema acuminatum fo. div. (os)	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	+
Amphora ovalis typ. und v. *pediculus* (os)	1	1	1	1	+	1	1	1	1	2	1	1
Nitzschia amphibia	+	1	+	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Caloneis bacillum	+	+	+	1	+	+	1	1	1	1	1	2
Eunotia pectinalis v. *minor*	1	1	1	+	+	1	1	+	+	+	1	1
Pinnularia viridis typ. und v. *sudetica*	1	1	1	+	+	+	+	1	1	1	+	2
Pinnularia gracillima	1	1	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
Diploneis ovalis	+	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cymbella aspera	2	1	1	+	1	+	+	+	+	+	+	·
Hantzschia amphioxys	+	+	+	+	1	+	+	1	+	+	·	+
Nitzschia palea (ßm)	+	·	+	2	1	2	1	2	1	+	+	1
Nitzschia linearis (os)	+	1	+	1	·	1	1	+	+	+	+	+
Gomphonema gracile	2	2	+	1	1	1	+	+	+	·	·	+
Gomphonema longiceps v. *subclavata*	+	1	1	+	2	1	+	+	+	·	+	·
Cymbella microcephala	2	2	1	+	·	·	+	·	1	2	2	1
Nitzschia perminuta	+	+	+	1	·	·	·	+	1	+	+	+
Navicula seminulum	+	·	·	1	·	+	1	1	+	+	+	+
Pinnularia gibba (os)	+	+	+	+	+	+	+	1	·	·	·	·
Caloneis silicula	+	+	+	·	·	·	+	·	+	1	1	+
Nitzschia dissipata	+	+	+	·	·	·	·	1	1	+	+	1
Fragilaria leptostauron v. *dubia*	·	+	+	·	·	+	+	·	1	3	2	2
Opephora martyi	+	+	+	·	·	·	·	·	1	3	2	2
Diploneis puella	+	·	+	·	·	·	·	+	+	+	+	+
Nav. pupula typ. und v. *capitata* (os)	2	+	+	+	·	·	1	+	·	·	·	·
Cymbella ventricosa (os)	+	+	·	·	·	·	·	·	2	2	2	1
Nitzschia radicula	2	1	+	1	·	·	+	·	·	·	·	·
Achnanthes linearis (mo)	1	1	1	1	·	·	+	·	·	·	·	·
Stauroneis phoenicenteron (ßm)	+	+	+	·	·	·	+	+	·	·	·	·
Diploneis petersenii (mo)	+	+	·	·	·	·	·	·	+	+	+	·
Nitzschia frustulum	+	·	·	·	·	+	+	·	·	+	·	·
Navicula cincta	+	·	·	·	·	·	+	·	+	+	·	+
Gomph. angustatum typ. und v. *producta*	+	·	·	·	·	·	·	·	1	1	+	1
Navicula dicephala (os)	+	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Meridion circulare (os)	·	+	+	·	·	·	·	·	+	+	·	+
Navicula minuscula	·	·	·	+	·	·	+	·	+	+	+	·
Nitzschia gracilis	1	·	·	1	·	·	·	+	1	·	·	·
Nitzschia communis (ßm)	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+	·	·
Amphora normanii (mo)	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	1
Campylodiscus noricus v. *hibernica*	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Navicula menisculus	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+	+
Rhopalodia gibberula (h)	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes exigua	+	·	·	·	·	·	+	+	·	·	·	·
Navicula mutica	·	·	+	·	·	·	·	·	·	+	·	+
Cymbella aequalis (mo)	+	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·
Navicula cuspidata (ßm)	·	·	+	·	·	·	·	+	·	·	·	·

Zu Tabelle 4: Nur vereinzelt wurden beobachtet:

Weiher (18): *Stephanodiscus dubius* (h), *St. astraea* (p, eu), *Fragilaria virescens* typ. und v. *capitata* (mo), *F. construens* (os), *Eunotia pectinalis* v. *minor*, *E. alpina* (mo), *Achnanthes microcephala*, *Gyrosigma spenceri* (mh), *Caloneis alpestris* (mo), *Neidium iridis* fo. *vernalis*, *Navicula gastrum* (os), *N. densestriata* (moo), *Pinnularia irrorata*, *P. nobilis*, *Cymbella ehrenbergii* (os), *C. affinis*, *Gomphonema constrictum*, *Epithemia sorex*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia paleacea*, *Cymatopleura elliptica* (os), *Surirella linearis* v. *constricta*.

Weiher (26): *Cyclotella stelligera*, *Synedra ulna* (p), *S. tabulata* (mh), *Eunotia pectinalis* v. *minor*, *E. alpina* (mo), *Pinnularia interrupta*, *Gomphonema longiceps*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia fonticola*, *N. paleacea*.

Weiher (24): *Achnanthes clevei*, *A. lanceolata* v. *rostrata*, *Stauroneis smithii*, *Navicula insociabilis* (ae), *N. placentula*, *N. gracilis*, *Pinnularia irrorata*, *Cymbella cymbiformis*, *Gomphonema olivaceum* v. *minutissima*, *G. lanceolatum* v. *insignis*.

ist als Litoralform nährstoffreicher Gewässer bekannt und wurde auch in dem gleichfalls durch einen sehr dichten Pflanzenbewuchs ausgezeichneten Flachmoorgraben (4) in großer Menge gefunden (Tabelle 2). *Achnanthes hungarica* und *Stephanodiscus hantzschii* deuten ebenfalls auf einen höheren Trophiegrad hin. Beide Arten fanden sich auch im Beckerfließ, das durch Abwässer künstlich eutrophiert ist. Hinzu kommt die im Untersuchungsgebiet sonst fehlende *Cocconeis hustedtii*, welche HUSTEDT (1957 S. 244) als atmophytisch, halophob und saproxen charakterisiert.

Standortverhältnisse: An den Standorten des Eunotietum formicae ist der Gewässergrund von schlammig-torfiger Beschaffenheit. Im Weiher (18) ist reichlicher Bewuchs von *Ceratophyllum demersum* zwischen den Röhrichtpflanzen vorhanden. In Weiher (26) herrscht hauptsächlich *Stratiotes aloides* vor, dazu kommen große Mengen schwebender *Lemna trisulca*.

Die Sauerstofführung dieser Standorte ist vor allem während der Vegetationsperiode starken Schwankungen unterworfen. Bei lebhafter Photosynthese kommt es öfters zu Sauerstoff-Übersättigung, in Zwischenperioden teilweise zu starkem Sauerstoffschwund (M. SCHLÜTER 1958/59). Die Gehalte an Phosphat und Eisen entsprechen der Oligostufe des HÖLLschen Nährstoffspektrums, der $KMnO_4$-Verbrauch, die Werte für Chlorid und Ammonium der Mesostufe. Das Wasser ist ziemlich hart; die Gesamthärte wird vor allem durch die Carbonathärte bedingt, während Nicht-Carbonathärte und Sulfatgehalt niedrig sind. Die pH-Werte wurden in Weiher (26) während der Sommermonate, wenn es am Gewässergrund zu stärkeren Zersetzungsvorgängen kommt, in den schwach sauren Bereich herabgedrückt.

In den Weihern (18) und (26) gruppieren sich die Äquivalentprozente der Ionen (vgl. Tabelle 3) in folgender Weise: Kationen Ca $>$ Mg $>$ Na $>$ K, Anionen HCO_3 $>$ Cl $>$ SO_4. Nach den vorherrschenden Äquivalentprozenten des Calciums und des Bicarbonates ist auch dieses Diagramm dem Calciumbicarbonat-Typus zuzurechnen (Abb. 2c). Diesem entsprechen unter den Kationen alle Relationen, wohingegen bei den Anionen das Chlorid die höheren Äquivalentprozente besitzt und vor dem Sulfat rangiert (Tabelle 3). Entsprechende Anionen-Verhältnisse zeigt auch das Diagramm der Seen Dalarna II (76—84) von RODHE (1949), welches auch im übrigen die meiste Ähnlichkeit mit unserer Abb. 2c hat. Bei MAUCHA (1932) fehlt ein vergleichbares Diagramm.

Gesellschaftsvergleich: Die Diatomeen-Besiedlung der Weiher (18) und (26) zeigt einige gemeinsame Arten mit dem von ALLORGE (1921) aus der Seine und Oise beschriebenem „Plancton à Diatomèes", einer Gesellschaft, die später MESSIKOMMER

(1927) Fragilario crotonensis-Asterionelletum gracillimae genannt hat. Unter den gemeinsamen Formen sind vor allem zu nennen: *Melosira italica*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Tabellaria fenestrata*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus* var. *radians* (= var. *delicatissima*) und *S. capitata*. Von diesen zeichnet sich *Fragilaria crotonensis* (von uns als Verb.-Kennart der Flachmoorweiher angesehen) durch vorwiegend planktische Lebensweise aus; *Tabellaria fenestrata* kommt sowohl im Pelagial als auch im Litoral vor. *Melosira italica* und *Stephanodiscus hantzschii* sind Litoralformen eutropher Gewässer; auch *Synedra capitata* (Verb.-Kennart) und *S. acus* var. *radians* gehören dem Litoral an. Andererseits finden sich im Litoral häufig abgesunkene Plankter. Ein Beispiel dafür ist *Fragilaria crotonensis*.

Weitere Untersuchungen müssen ergeben, ob das von uns aufgestellte Eunotietum formicae in entsprechenden Flachmoor-Weihern eine weitere Verbreitung besitzt oder ob es sich nur um eine Gesellschaft von örtlicher Bedeutung handelt.

b) Fragilarietum subsalinae nov. ass.
Kieselalgen-Gesellschaft mineralreicher Quellweiher

Tabelle 4

In einem dritten Weiher (24), welcher von einer Tümpelquelle (Limnokrene) gespeist wird, fehlen Phanerogamen fast vollständig; auch ist der Grund des Weihers von sandiger und nicht von torfiger Beschaffenheit.

Zusammensetzung: Es handelt sich hier um eine ganz andere Diatomeen-Gesellschaft als in den beiden vorher besprochenen Gewässern. So fehlen die für jene so typischen Aufwuchsformen aus den Gattungen *Epithemia* und *Rhopalodia* fast völlig. Dafür besitzt der Tümpel (24) eigene Arten, unter denen Fragilarien besonders reichlich vertreten sind. Die Gesellschaft wird nach der halophilen Form *Fragilaria construens* var. *subsalina* als Fragilarietum subsalinae bezeichnet. Weitere Ass.-Kennarten sind *Fragilaria virescens* var. *mesolepta* und *Denticula tenuis* var. *crassula* mit montaner Verbreitungstendenz, ferner *Achnanthes affinis* und *Navicula oppugnata*. Die letzte Art beschrieb HUSTEDT (1945) zuerst aus dem Ochrida-See (Balkan) und fand sie später auch in mecklenburgischen Seen. Sie ist außerdem im baltischen Seengebiet verbreitet; im Flußsystem der Weser wurde sie dagegen nur wenig beobachtet (HUSTEDT 1957 S. 295).

Wahrscheinlich hängt mit dem niedrigen Permanganat-Verbrauch (Oligostufe HÖLLS) und den relativ hohen Sulfatwerten (Polystufe) von Weiher (24) das Auftreten einiger Ass.-Trennarten zusammen, welche die unterschiedliche Besiedlung gegenüber den beiden Weihern (18 und 26) unterstreichen. Auf erhöhten Ionengehalt deuten die halophilen Arten *Cocconeis pediculus* und *Amphora veneta* hin, welche dieser Tümpel mit dem Beckerfließ gemeinsam hat. Außerdem sind weitere *Fragilaria*-Arten und die litorale *Synedra rumpens* vertreten. *Diatoma elongatum* bevorzugt stehende Gewässer und lebt vorwiegend pelagisch.

Auf die in allen untersuchten Weihern vertretene, als Verbands-Kennarten aufgefaßte Arten-Gruppe und die in allen offenen Gewässern des Gebietes verbreiteten Arten wird in einem folgenden Abschnitt eingegangen (S. 593).

Standortverhältnisse: Der Weiher (24) besitzt ziemlich klares, alkalisches, sauerstoffreiches Wasser. Eine O_2-Zehrung wurde im Sommer 1956 nicht festgestellt; im Gegensatz zu den beiden vorherigen Standorten sind nur geringe Mengen gelöster organischer Stoffe vorhanden (Oligostufe). Ebenso verhält es sich mit dem Ammo-

nium Gehalt; Phosphat war nicht nachzuweisen. Eisen nur in Spuren. Die Chlorid-Werte ensprechen der Mesostufe. Das Wasser ist ziemlich hart. Dabei liegt der in unserem Gebiet einzige Fall vor, daß die Nicht-Carbonathärte größer ist als die Carbonathärte (Tabelle 1).

Die relativen Ionenverhältnisse am Standort des Fragilarietum subsalinae und das dazugehörige Ionenfeld-Diagramm geben Tabelle 3 und Abb. 2d wieder. In Weiher (24) sind die relativen Ionenmengen folgendermaßen gestaffelt: Kationen Mg > Ca > Na > K, Anionen SO_4 > HCO_3 > Cl. Es herrschen also nicht wie beim Calciumbicarbonat-Typus die Ionenanteile des Calciums und Bicarbonates vor, sondern die des Magnesiums und Sulfates. Für das Ionenfeld-Diagramm des Fragilarietum subsalinae (Abb. 2d) ist bei Rodhe (1949) kein entsprechendes Gegenstück zu finden. Zwar hat Rodhe für die Norrland-Seen (166—167) einen Sulfat-Typ berechnet, dessen Ionenfeld-Diagramm sich aber deutlich von dem unserigen unterscheidet. Übereinstimmend sind zwar die vorherrschenden Äquivalentprozente des Sulfates; dessen Ionenfeld ist in den Norrland-Seen aber bedeutend größer als in unserem Fall. Außerdem fehlt in den schwedischen Seen das Bikarbonat völlig, das Magnesium ist mit bedeutend geringeren, das Natrium und Kalium mit höheren Äquivalentprozenten beteiligt. Auch der von Maucha (1932) aufgestellte Balaton-Typus weicht stark ab und unterscheidet sich vor allem durch geringere Äquivalentprozente des Sulfates von Weiher (24): außerdem ist Karbonat vorhanden, welches in den Strausberger Gewässern durchweg fehlt.

Das Ionenfeld-Diagramm des Fragilarietum subsalinae repräsentiert einen besonderen Ionenverteilungs-Typ des Süßwassers, bei dem die Äquivalent-Prozente des Magnesiums und Sulfates vorherrschen; er soll daher als Magnesiumsulfat-Typus bezeichnet werden. Auf das weitere Vorkommen dieses Typus sollte geachtet werden.

Gesellschaftsvergleich: Es bestehen gewisse Beziehungen zwischen dem von uns aufgestellten Fragilarietum subsalinae und einer aus der Schweiz beschriebenen Grundschlamm-Gesellschaft, dem Fragilario-Achnanthetum (Messikommer 1927). Zwar sind die chemischen Bedingungen beider Biotope verschieden, doch ist die Zusammensetzung ihrer Diatomeen-Gesellschaften in gewisser Hinsicht ähnlich, um so mehr, als Grund- und Litoralbesiedlung in Weiher (24) infolge der geringen Tiefe nicht voneinander zu trennen sind. Es herrschen die bandförmigen Kolonien der Gattungen *Fragilaria* und *Achnanthes* vor. Im Fragilario-Achnanthetum von Messikommer sind es hauptsächlich *Fragilaria construens* und *Achnanthes lanceolata*, im Fragilarietum subsalinae eine Anzahl von *Fragilaria*-Arten, darunter die halophile *Fragilaria construens* var. *subsalina* und *Achnanthes minutissima*. Dazu kommen in beiden Gesellschaften Litoralformen und einige Grundschlamm- oder Tiefenformen. Trotz gewisser Gemeinsamkeiten ist jedoch das Fragilarieto subsalinae sowohl in chemischer als auch in floristischer Hinsicht gut gegen das aus verschiedenen Seen der Schweiz beschriebene Fragilario-Achnanthetum des Grundschlammes abgegrenzt. Die Gesellschaft sollte in ihrer Verbreitung weiter verfolgt werden.

c) Cymbello-Synedrion capitatae nov. all.

Litorale Kieselalgen-Gesellschaften eutropher Weiher

Trotz aller Verschiedenheiten, die wasserchemisch und biologisch zwischen den Weihern (18) und (26) einerseits und dem Weiher (24) andererseits bestehen, werden doch unter der Kieselalgen-Besiedlung eine bemerkenswert große Anzahl gemeinsamer Formen angetroffen, welche in den Fließen und Gräben und auch in den Moos-

rasen weitgehend fehlen oder sehr zurücktreten. Diese verbindende Artengruppe betrachten wir als Kennarten eines Verbandes von Kieselalgen-Gesellschaften im Litoral eutropher, stehender Gewässer. Der Verband erhält den Namen Cymbello-Synedrion capitatae.

Die Gruppe der Verbands-Kennarten enthält u. a. folgende Litoralformen, die besonders in stehenden Gewässern vorkommen: *Fragilaria brevistriata*, *Synedra capitata*, *S. acus* var. *radians*, *Achnanthes conspicua* und *Cymbella lanceolata*. *Fragilaria brevistriata* ist nach Hustedt (1957 S. 233) in den alkalischen baltischen Seen weit häufiger als im Flußsystem der Weser; in den sauren Waldseen Lauenburgs fehlt sie fast völlig. In ökologischer Hinsicht wird die Art als oligohalob (indifferent), oligosaprob und alkaliphil charakterisiert. Auch *Achnanthes conspicua* ist im Wesergebiet selten, dagegen in den alkalischen Seen des alpinen und baltischen Gebietes verbreitet. Lakustrische Formen sind *Cymbella cistula* und *Fragilaria crotonensis* (vgl. S. 592). *Denticula elegans* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Alpen; über ihr Vorkommen in der Ebene ist noch nichts Näheres bekannt. *Eunotia gracilis* tritt im Wesergebiet nur vereinzelt auf; sie gilt als halophob, p_H-indifferent und saproxen. Die beiden Varietäten *brebissonii* und *trigonocephala* von *Gomphonema acuminatum* unterscheiden sich in ökologischer Hinsicht nicht von der Hauptart, kommen aber in unserem Untersuchungsgebiet nur in den Flachmoor-Weihern häufig und stetig vor.

Die von uns in Tabelle 2 als „Arten offener Gewässer" bezeichnete Artengruppe ist auch in den Weihern vorhanden (Tabelle 4), nicht jedoch in den aerophilen Moosrasen. Ebenso wie in den Fließen und Wiesengräben stehen in den Weihern *Synedra ulna* und ihre Varietät *biceps*, sowie *Gomphonema constrictum* der Häufigkeit nach an der Spitze der Gruppe; die Oligosaprobien sind hier stark vertreten. Inwieweit sich hierunter Leitarten höherer, über dem Verband stehender soziologischer Kategorien befinden, müssen künftige Untersuchungen ergeben.

Die Gesellschaften des Cymbello-Synedrion capitatae finden sich im Untersuchungsgebiet in den kalkreichen, mehr oder weniger eutrophen Weihern von geringer Tiefe. Die Gewässer sind gut durchleuchtet und besitzen teilweise eine üppige Phanerogamen-Vegetation. Der Sauerstoffgehalt erreicht vor allem im Sommer oft hohe Werte. Die p_H-Werte schwanken um den Neutralpunkt. Die Eutrophierung durch organische Stoffe ist verschieden stark; ähnliche Verschiedenheiten bestehen auch im Ammonium-Gehalt, der wie der Permanganat-Verbrauch zu Beginn des Sommers teilweise höhere Werte erreichen kann (Darstellung der wasserchemischen Verhältnisse, Schlüter 1958/59 S. 698—705).

3. Gesellschaften aerischer Standorte

a) Caloneo-Naviculetum bryophilae nov. ass.

Kieselalgen-Gesellschaft calciphiler Moosrasen auf Niedermoor

Tabelle 5

In den Niederungswiesen des Strausberger Gebietes sind Laubmoose häufig. In der Kohldistel-Wiese sind vor allem *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Mnium seligeri*, *Cirriphyllum piliferum* und *Bryum* cf. *pseudotriquetrum* vertreten. An besonders nassen Stellen gewinnen ausgesprochene Sumpfmoose die Oberhand, unter denen an den hier untersuchten Standorten (16, 15, 25, 11, 13) *Brachythecium mildeanum*, *B. rivulare*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Camptothecium nitens*, *Climacium dendroides* fo. *polycladum*, *Drepano-*

Tabelle 5. Caloneo-Naviculetum bryophilae

Kieselalgen-Gesellschaft in calciphilen Moosrasen auf Niedermoor.
Probeentnahme durch Auspressen von Moospolstern

Standort,	16			15				25	11	13
Datum der Untersuchung	21. 4. 55	22. 7. 55	29. 10. 55	15. 5. 54	17. 6. 54	29. 10. 54	2. 12. 55	21. 4. 55	29. 4. 55	21. 4. 55
C-Ass. Caloneo-Naviculetum bryophilae:										
Navicula bryophila (ae)	3	3	2	3	1	1	1	1	1	1
Caloneis schumanniana	1	2	2	+	·	+	1	1	+	+
Caloneis alpestris (mo)	1	2	1	1	+	·	+	·	+	+
Epithemia argus	·	·	·	1	+	2	2	+	2	1
Nitzschia sinuata	2	2	2	1	·	·	·	·	·	+
Navicula densestriata (moo)	2	+	2	1	·	·	·	·	·	·
Pinnularia nodosa (mo)	2	1	1	·	·	·	·	·	·	1
Pinnularia molaris (mo)	+	·	·	·	·	·	+	·	+	+
Hantzschia elongata (moo)	·	·	·	1	1	1	1	·	·	·
Navicula fossalis (ae)	2	1	·	·	·	·	·	1	·	·
Achnanthes microcephala	2	·	·	1	1	·	·	·	·	·
Pinnularia nobilis	1	+	·	·	·	·	·	+	·	·
Gomphonema angustatum v. *undulata*	·	·	·	·	+	·	+	·	·	2
Achnanthes lapponica (mo)	2	2	2	·	·	·	·	·	·	·
Navicula hassiaca (ae?)	2	2	2	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia capitellata (h)	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·
Arten mit engerer Bindung an aerische Standorte:										
Pinnularia gracillima	3	3	3	4	2	3	2	2	2	3
Pinnularia viridis typ., v. *sudetica*	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1
Diploneis ovalis	2	2	2	2	1	1	1	2	+	2
Eunotia lunaris typ.	2	2	1	2	2	1	1	4	2	2
Rhopalodia gibba (os)	2	2	2	3	3	2	2	·	2	3
Rhopalodia gibberula (h)	2	2	2	2	1	2	2	·	2	2
Hantzschia amphioxys	2	1	·	1	+	2	1	1	+	1
Cymbella aequalis (mo)	2	3	2	1	·	1	+	·	·	2
Mit den Weihern gemeinsame Arten:										
Cymbella cesatii (mo)	3	3	3	2	1	1	1	·	1	·
Pinnularia gentilis (mo)	2	·	1	·	+	·	1	+	1	+
Pinnularia stomatophora (mo)	2	+	1	2	+	·	·	·	·	·
Pinnularia legumen	1	+	·	·	·	·	·	·	·	+
Eunotia flexuosa (moo)	·	·	·	·	·	·	·	2	·	2
Pinnularia acrosphaeria (mo)	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·
Anomoeoneis exilis (mo)	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·

Tabelle 5 (Fortsetzung)

	16			15				25	11	13
Sonstige Begleiter:										
Achnanthes minutissima (os)	4	5	5	2	2	1	1	2	1	2
Achnanthes lanceolata typ.	2	2	1	2	2	2	1	3	1	1
Navicula cryptocephala	2	2	2	2	1	1	+	2	+	1
Navicula radiosa	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1
Cymbella aspera	2	2	1	2	+	+	+	+	1	+
Gomphonema longiceps fo. div.	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2
Nitzschia amphibia	2	2	2	2	2	2	1	+	1	2
Nitzschia palea (ßm)	2	1	1	2	1	2	1	+	+	+
Gomphonema angustatum typ. und v. *producta* (os)	2	2	2	1	1	1	+	+	+	3
Gomphonema parvulum	2	2	2	2	1	·	1	3	2	2
Gomphonema gracile	2	1	1	2	1	1	1	·	+	+
Nitzschia frustulum (h)	1	3	·	2	2	2	1	2	1	2
Nitzschia linearis (os)	2	1	1	1	+	·	+	1	+	+
Caloneis bacillum	1	2	1	1	+	·	+	1	1	+
Epithemia turgida (os)	+	+	·	1	+	+	+	2	+	+
Cymbella cymbiformis	2	1	2	1	·	·	+	+	+	+
Cocconeis placentula	1	2	+	1	+	+	+	·	·	+
Caloneis silicula	+	+	+	1	+	·	1	·	+	+
Stephanodiscus astraea (p, eu)	+	+	+	+	·	·	+	+	+	+
Diploneis puella	2	2	2	·	·	·	+	2	+	+
Navicula pupula v. *rectangularis* und v. *capitata*	+	+	+	·	·	·	·	+	+	+
Navicula minuscula	1	·	·	2	+	·	·	2	+	+
Nitzschia perminuta	2	2	2	·	·	·	1	·	·	1
Eunotia pectinalis v. *minor*	1	1	1	+	·	·	·	·	·	+
Cymbella microcephala	+	1	1	·	+	·	·	·	+	·
Navicula mutica fo. div.	+	1	+	·	·	+	·	·	·	+
Stauroneis phoenicenteron (ßm)	1	·	+	1	·	·	·	+	·	+
Epithemia zebra	·	·	·	2	2	1	·	·	+	+
Nitzschia communis (ßm)	·	·	·	1	+	1	+	·	·	+
Diploneis petersenii (mo)	2	1	2	·	·	·	·	·	+	·
Synedra acus v. *radians*	2	+	1	+	·	·	·	·	·	·
Pinnularia borealis (ae)	1	+	·	·	·	·	·	·	+	+
Fragilaria capucina (os)	+	·	1	·	·	·	·	+	·	+
Fragilaria leptostauron	+	·	·	+	·	·	·	+	·	+
Gomphonema acuminatum fo. div.	·	+	·	3	+	·	·	·	1	·
Navicula contenta fo. div. (ae, mo)	·	+	·	·	·	·	·	+	+	+
Cymbella ventricosa (os)	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Navicula cincta	+	·	·	·	·	·	·	·	+	2
Stauroneis smithii	·	+	·	·	·	·	·	·	+	+
Opephora martyi	·	·	+	·	·	·	·	+	·	+
Navicula siminulum	·	·	·	·	·	·	·	1	+	+
Amphora normanii (mo)	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+
Navicula dicephala (os)	·	·	·	·	·	·	·	+	+	+
Nitzschia paleacea	+	·	1	·	·	·	·	·	·	·
Achnanthes linearis v. *pusilla* (mo)	·	+	1	·	·	·	·	·	·	·
Nitzschia radicula	·	·	·	·	+	·	·	·	·	+
Fragilaria crotonensis (p, os)	·	·	·	·	·	·	·	·	4	·

Zu Tabelle 5: Nur gelegentlich wurden beobachtet:

Moosrasen (16): *Melosira granulata* (p, eu), *Tabellaria fenestrata* (p, os), *Meridion circulare*, *Fragilaria construens* typ. u. v. *venter* (os), *Achnanthes hungarica* (eu), *Nitzschia paleacea*.

Moosrasen (15): *Synedra capitata*, *S. tabulata* (mh), *S. ulna* typ. u. v. *biceps* (os), *Eunotia formica*, *E. gracilis*, *Achnanthes exigua* (ae), *A. hungarica* (eu), *Amphipleura pellucida*, *Navicula oblonga*, *Mastogloia smithii* v. *lacustris*, *Pinnularia cardinalis*, *P. gibba*, *Amphora ovalis* (os), *Cymbella prostrata* (os), *C. cistula*, *Gomphonema constrictum*, *G. intricatum* v. *vibrio*, *Nitzschia apiculata* (mh), *N. dissipata*, *N. thermalis* v. *minor*, *N. fonticola*, *N. gracillis*, *N. sigma* (h), *N. acicularis* (p, ßm).

Moosrasen (25): *Achnanthes lanceolata* fo. *ventricosa* u. v. *rostrata*, *Navicula menisculus*, *N. bacillum*, *Gomphonema intricatum* typ.

Moosrasen (11): *Stephanodiscus dubius* (h), *Eunotia lunaris* v. *subarcuata*, *Achnanthes coarctata* (ae), *Rhoicosphaenia curvata*, *Navicula bacillum*, *Pinnularia irrorata*.

Moosrasen (13): *Stephanodiscus dubius* (h), *Meridion circulare* (os), *Fragilaria bicapitata*, *Synedra parasitica*, *Eunotia alpina* (mo), *E. lunaris* v. *subarcuata*, *Mastogloia smithii* v. *lacustris*, *Amphipleura pellucida*, *Stauroneis legumen*, *Navicula insociabilis* (ae), *N. menisculus*, *Pinnularia microstauron* typ. u. v. *brebissonii*, *P. irrorata*, *Cymbella naviculiformis*.
cladus aduncus, *D. intermedius* und *D. vernicosus* vorherrschen.[1]) Die wasserdurchtränkten Moospolster beherbergen eine charakteristische Diatomeen-Gesellschaft, in welcher aerophile Arten eine wesentliche Rolle spielen.

Zusammensetzung: Als wichtigste Kennarten dieser Gesellschaft sind *Navicula bryophila* und *Caloneis schumanniana* zu betrachten; danach wird die Gesellschaft Caloneo-Naviculetum bryophilae genannt. Außer den beiden namengebenden Arten sind noch eine ganze Reihe weiterer Assoziations-Kennarten vorhanden: Zunächst *Navicula hassiaca* (ae ?) und *N. fossalis* (ae), dann die montanen Formen *Achnanthes lapponica*, *Pinnularia molaris* und *P. nodosa* und die hauptsächlich in moorigen Gewässern vorkommenden *Navicula densestriata* und *Hantzschia elongata*. Auch die kalkliebenden Diatomeen *Caloneis alpestris* (Sumpfform mit Hauptverbreitung in der montanen Region), *Epithemia argus* und *Nitzschia sinuata* gehören dazu. *Caloneis schumanniana* ist ebenfalls eine calciphile Form. Dazu kommen außerdem *Achnanthes microcephala*, *Gomphonema angustatum* var. *undulata*, *Pinnularia nobilis* und *Nitzschia capitellata* (h).

Von einer weiteren Untergliederung der Assoziation wurde abgesehen, weil es vorläufig an vergleichbarem Aufnahmenmaterial aus anderen Flachmoor-Gebieten fehlt. Erwähnenswert ist jedoch, daß *Hantzschia elongata* auf den Standort (15) beschränkt ist, welcher von einer dem Caricetum diandrae nahestehenden Kleinseggen-Gesellschaft besiedelt wird. *Achnanthes lapponica*, *Navicula hassiaca* und *Nitzschia capitellata* sind nur am Standort (16), dessen Phanerogamen-Bewuchs ein fragmentarisch entwickeltes Schwarzkopfried (Schoenetum nigricantis) darstellt, festgestellt worden.

Eine Reihe von Arten, die vorläufig nur als Begleiter betrachtet werden können, besitzen im Gebiet eine engere Bindung an die Moosrasen und werden daher in Tabelle 5 als besondere Gruppe von den übrigen Begleitern abgetrennt. Sie kommen in den Moosrasen oft besonders gehäuft und immer mit hoher Stetigkeit vor; allerdings sind sie auch in anderen Gesellschaften des Gebietes vertreten. Inwieweit sich in

[1]) Für die Bestimmung der Moose sei auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. H. Reimers†, Botan. Museum Berlin-Dahlem, herzlich gedankt.

dieser Gruppe Arten befinden, die zur Ausscheidung höherer soziologischer Einheiten für die aerophilen Diatomeen-Gesellschaften herangezogen werden können, müssen erst weitere Untersuchungen ergeben (S. 601).

Auch die soziologische Stellung der gemeinsamen Formen von Flachmoor-Weihern und Laubmoosrasen ist noch unsicher. Unter ihnen besitzen *Cymbella cesatii*, *Pinnularia gentilis*, *P. stomatophora* und *P. legumen* Schwerpunkte des Vorkommens in den Moosrasen. Sie könnten sekundär in die Flachmoor-Weiher eingedrungen sein. Künftige Untersuchungen müssen zeigen, ob diese Formen zu Kennarten der Moosrasen in Flachmoor-Wiesen erhoben werden können. *Eunotia flexuosa*, *Anomoeoneis exilis* und *Pinnularia acrosphaeria* sind dagegen in den Weihern am häufigsten. Sie sind vielleicht sauerstoffbedürftiger als die vorher genannten Arten.

Standortverhältnisse: Die Assoziation ist an extreme Bedingungen angepaßt, die u. a. durch starke Schwankungen im Wasserhaushalt der Biotope hervorgerufen werden (Schlüter 1958/59). Die Laubmoose saugen sich im Frühjahr und Herbst schwammartig voll Wasser und trocknen im Sommer wieder mehr oder weniger stark aus. Größere offene Wasserflächen fehlen vollkommen; die Feuchtigkeit ist an die Moosrasen „gebunden". Diese werden kaum überflutet, sondern von dem nassen Torfboden aus von unten her durchfeuchtet.

Das „gebundene" Wasser der Moosrasen ist durch einen hohen Gehalt an gelösten organischen Stoffen ausgezeichnet (Tabelle 1); der $KMnO_4$-Verbrauch schwankt zwischen Meso- und Polystufe des Höllschen Nährstoffspektrums. Im Zusammenhang damit kommt es zu starker Sauerstoffzehrung, zu Fäulnisprozessen und zur Schwefelwasserstoff-Bildung. Außerdem entstehen bei der Torfbildung saure Humussubstanzen, die den p_H-Wert trotz des bestehenden Kalkreichtums — das Wasser ist mittelhart bis hart — in den schwach sauren Bereich herabdrücken und dadurch die Zusammensetzung der Diatomeen-Besiedlung entscheidend beeinflussen. Von den vertretenen Ionen entsprechen das gelöste Phosphat der Oligostufe des Nährstoffspektrums, das Chlorid der Mesostufe; die Gehalte an Sulfat, Ammonium und Eisen schwanken an den verschiedenen Untersuchungsstellen zwischen Meso- und Polystufe (Darstellung der wasserchemischen Verhältnisse, Schlüter 1958/59 S. 705 bis 712).

Die relativen Ionenanteile (vgl. Tabelle 3) gruppieren sich folgendermaßen: Kationen $Ca > Mg > Na > K$, Anionen $HCO_3 > SO_4 > Cl$. Das Ionenfeld-Diagramm (Abb. 2e) entspricht dem Calciumbicarbonat-Typus und ähnelt weitgehend dem Diagramm des Synedretum minusculae der Wiesengräben (Abb. 2b), nur ist dort der Unterschied zwischen den Äquivalentprozenten des Ca und Mg größer. Von den für schwedische Seen berechneten Diagrammen sind diejenigen für die Norrland-Seen (101—165) von Rodhe (1949) unserem Caloneo-Naviculetum bryophilae ähnlich, doch ist besonders das Ionenfeld des Sulfates kleiner und das des Natriums größer als bei den calciphilen Moosrasen. Ferner ist mit unserem Ionenfeld-Diagramm auch dasjenige von Maucha (1932) für die Szomóder Quelle (Davoser-See-Typus) vergleichbar, ist allerdings durch etwas geringere Anteile an Kalium, Natrium, Chlorid und Sulfat unterschieden (vgl. S. 585).

b) Andere aerophile Diatomeen-Gesellschaften

Tabelle 6

Während der letzten Jahrzehnte wurden schon mehrfach aerophile (atmophytische) Diatomeen-Gesellschaften untersucht, die hier vergleichsweise betrachtet

Tabelle 6. Übersicht über die aerophilen Diatomeen-Gesellschaften in Moosrasen und auf überrieselten Felsen mit ihren wichtigsten Arten.

1 = Caloneo-Naviculetum bryophilae (Flachmoor-Standorte), 2 = Eunotietum bigibbae typ. Subass. (Moosrasen der Bergstufe nach BEGER), 3 = Eunotietum bigibbae Subass. v. Eunotia praerupta („Bacillariacetum" auf Felsen nach SCHORLER), 4 u. 5 = Eunotietum paludosae (Moosrasen in Brunnen und an natürl. Standorten im Flach- u. Hügelland nach BEGER), 6 = Fragmentarische Gesellschaft („Xerotischer Typus" nach BEGER). — 2 bis 6 etwas abgeändert

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
C-Ass. Caloneo — Naviculetum bryophilae:						
Navicula bryophila (ae)	+	·	·	·	·	·
Caloneis schumanniana	+	·	·	·	·	·
Caloneis alpestris (mo)	+	·	·	·	·	·
Achnanthes microcephala	+	·	·	·	·	·
Achnanthes lapponica (mo)	+	·	·	·	·	·
Navicula hassiaca (ae)	+	·	·	·	·	·
Navicula densestriata (moo)	+	·	·	·	·	·
Navicula fossalis (ae)	+	·	·	·	·	·
Pinnularia molaris (mo)	+	·	·	·	·	·
Pinnularia nodosa (mo)	+	·	·	·	·	·
Pinnularia nobilis	+	·	·	·	·	·
Gomphonema angustatum v. *undulata*	+	·	·	·	·	·
Epithemia argus	+	·	·	·	·	·
Hantzschia elongata (moo)	+	·	·	·	·	·
Nitzschia capitellata (h)	+	·	·	·	·	·
Nitzschia sinuata (= *Denticula s.*)	+	·	+	·	·	·
C-Ass. Eunotietum bigibbae (Bergstufe):						
Eunotia bigibba (mo)	·	+	+	·	·	·
Eunotia exigua (ae)	·	+	+	·	·	·
Fragilaria virescens (mo)	·	+	+	·	·	·
Frustulia rhomboides v. *saxonica* (ho)	·	+	+	·	·	·
Pinnularia appendiculata (mo)	·	+	+	·	·	·
Melosira dickiei (mo)	·	+	·	·	(+)	·
Pinnularia hemiptera (mo)	·	+	·	·	·	·
D-Subass. v. Eunotia praerupta:						
Eunotia praerupta (mo)	·	·	+	·	·	·
Eunotia arcus	·	·	+	·	·	·
Eunotia pectinalis	·	·	+	·	·	·
Tabellaria flocculosa (moo)	·	·	+	·	·	·
Fragilaria capucina	·	·	+	·	·	·
Neidium productum	·	·	+	·	·	·
Navicula fasciata (= *Pinnularia f.*)	·	·	+	·	·	·
Pinnularia viridis v. *rupestris* (mo)	·	·	+	·	·	·
C-Ass. Eunotietum paludosae (Flach- und Hügelland):						
Eunotia paludosa (mo)	·	·	·	+	+	·
Navicula atomus	·	·	·	+	+	·
Denticula frigida (= *D. tenuis*) (mo)	·	·	·	+	+	·
Eunotia robusta (mo)	·	·	·	?	+	·

Tabelle 6 (Fortsetzung):

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Hochstete Arten aerischer Standorte:						
Pinnularia borealis (ae)	+	+	+	+	+	+
Hantzschia amphioxys	+	+	+	+	+	+
Navicula contenta fo. div. (mo, ae)	+	+	+	+	·	+
Navicula mutica	+	+	·	+	+	+
Achnanthes coarctata (mo, ae)	+	·	+	·	+	+
Achnanthes exigua (ae ?)	+	·	·	+	+	+
Melosira roeseana (mo, ae)	·	+	+	·	+	+
Sonstige Begleiter:						
Achnanthes minutissima	+	+	·	+	+	+
Achnanthes laceolata	+	+	·	+	+	+
Navicula cincta	+	+	·	+	+	+
Amphora ovalis (os)	+	+	·	+	·	·
Nitzschia dissipata	+	·	·	+	+	·
Nitzschia frustulum v. *perpusilla* (h)	+	·	·	+	+	·
Nitzschia tryblionella v. *debilis* (h)	·	+	·	+	+	·
Eunotia lunaris	+	+	·	·	·	·
Diploneis ovalis	+	·	+	·	·	·
Navicula cryptocephala	+	·	·	+	·	·
Amphora normanii (mo, ae)	+	·	·	+	·	·
Eunotia gracilis	+	·	·	+	·	·
Nitzschia sigma (h)	+	·	·	+	·	·

werden sollen. SCHORLER (1915) beschrieb aus dem Elbsandsteingebirge ein „Bacillariacetum" als Aufwuchs überrieselter Felsen. BEGER (1927) untersuchte den Kieselalgen-Bewuchs verschiedener aerischer Standorte aus dem Flach- und Hügelland und aus dem Mittelgebirge, wobei er mehrere „Facies" unterscheidet und nach den Feuchtigkeitsverhältnissen die Gesellschaften als „hydrotischen", „mesophilen" oder „xerotischen Typus" charakterisiert (S. 565). HUSTEDT (1924) beschreibt die Diatomeen-Besiedlung von überrieselten Moospolstern felsiger Standorte im Sarek-Gebirge in Schwedisch-Lappland. Die von den genannten Autoren mitgeteilten Artenlisten wurden von uns nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten bearbeitet und mit unserem Caloneo-Naviculetum bryophilae verglichen. Diese Untersuchung führte zur Aufstellung von zwei weiteren Diatomeen-Assoziationen aerischer Standorte, die in Tabelle 6 mit ihren Kennarten und häufigsten Begleitern aufgeführt werden.

Auf Grund gemeinsamer Arten erwies es sich als notwendig, das „Bacillariacetum" SCHORLERS und die „Facies der Bergstufe" des mesophilen Typus von BEGER zu einer aerischen Diatomeen-Assoziation der Bergstufe zu vereinigen, die Eunotietum bigibbae nov. ass. genannt wird (Tabelle 6, Spalte 2, 3). Unter den Kennarten sind Formen von verschiedenem ökologischen Charakter vertreten. *Eunotia bigibba* und *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (ho) sind charakteristisch für überrieselte Felsen. MESSIKOMMER (1927) gibt die letzte Art auch als häufig im Micrasterio truncati-Frustulietum saxonicae der Hochmoor-Schlenken an. Montane Formen des Eunotietum bigibbae sind *Fragilaria virescens* und *Pinnularia appendiculata*; typisch atmophytisch ist *Eunotia exigua*, welche MESSIKOMMER als namengebende Art für das Eunotietum exiguae in Sphagnum-Polstern benutzt. Es ist möglich, daß diese

Art und *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* nicht Ass.-Kennarten, sondern Kennarten höherer soziologischer Einheiten sind. Leider reicht unser Material vorläufig nicht aus, um darüber nähere Angaben machen zu können. Für die „Facies der Bergstufe" nennt BEGER ferner *Melosira dickiei* (typisch für Moose an überrieselten Felsen) und *Pinnularia hemiptera* (mo); diese Arten sind halophob.

Trotz der großen Übereinstimmung zwischen BERGERS „Facies der Bergstufe" in Moospolstern der tief eingeschnittenen Felsentäler des Elbsandsteingebirges und SCHORLERS „Bacillariacetum" von wasserüberrieselten, nackten Felsen des gleichen Gebietes sind doch auch Unterschiede vorhanden. Diese veranlaßten uns, neben der typischen Subassoziation des Eunotietum bigibbae, welche der von BEGER beschriebenen Gesellschaft in Moospolstern entspricht, eine Subassoziation von Eunotia praerupta auszuscheiden (Tabelle 6, Spalte 3). Die typische Subassoziation besitzt keine besonderen Trennarten (Tabelle 6, Spalte 2); dagegen ist infolge der Standortsunterschiede im Diatomeen-Überzug der überrieselten Felsen eine Gruppe von Differentialarten vorhanden. Von diesen sind *Eunotia praerupta* und *Pinnularia viridis* var. *rupestris* als montane Formen bekannt; *Tabellaria flocculosa* bevorzugt moorige Gewässer. *Eunotia pectinalis* ist eine der wenigen euryöken Arten dieser Gattung, und *E. arcus* gilt als vorwiegend calciphil (HUSTEDT 1957 S. 240). *Melosira juergensii* ist eine Brackwasserform, und ihre Zugehörigkeit zu der Gesellschaft ist zweifelhaft. Die Art wird daher in Tabelle 6 nicht aufgeführt.

Die von BEGER als „Facies in Brunnenmoosen Norddeutschlands" und „Facies in feuchtstehenden Moosen natürlicher Standorte des mitteldeutschen Hügellandes" bezeichneten Gesellschaften lassen sich soziologisch nicht trennen. Sie werden vorläufig zu einer Gesellschaft zusammengefaßt, die als Eunotietum paludosae nov. ass. bezeichnet wird (Tabelle 6, Spalte 4, 5). Von den Kennarten haben *Eunotia robusta*, *E. paludosa* und *Denticula tenuis* ihren Verbreitungsschwerpunkt in der montanen Region. *Eunotia paludosa* wird von MESSIKOMMER (1927) auch für das Eunotietum exiguae der *Sphagnum*-Polster angegeben. Das Eunotietum paludosae ist soziologisch nur schwach charakterisiert und sollte noch eingehender untersucht werden.

Die letzte Einheit BEGERS, der „xerotische Typus", stellt eine infolge langer Trockenperioden verarmte, moosbewohnende Gesellschaft dar, die offenbar keine eigenen Kennarten besitzt (Tabelle 6, Spalte 6). Schließlich sei noch die von HUSTEDT von überrieselten Moosen auf Felsen des Sarekgebirges beschriebene Diatomeen-Assoziation erwähnt, die BEGER als „hydrotischen Typus" bezeichnet hat. Da neben einer Gruppe typisch montaner Arten nur wenig weitere Formen genannt werden, muß auf einen Vergleich mit den hier geschilderten Gesellschaften verzichtet werden.

Alle hier genannten Diatomeen-Gesellschaften haben mit dem Caloneo-Naviculetum bryophilae des Strausberger Gebietes eine Reihe von Arten gemeinsam, die wegen ihrer Anpassung an Luftlebigkeit an aerischen Standorten mit hoher Stetigkeit aufzutreten scheinen (*Pinnularia borealis*, *Navicula contenta* u. a.). Da diese Arten unter anderen ökologischen Bedingungen aber keineswegs fehlen, kann ihre pflanzensoziologische Bedeutung vorläufig nicht beurteilt werden. Gegenwärtig sind typische gemeinsame Arten mit Zeigerwert für aerische Standorte nicht sicher bekannt. Daher muß der Klärung der Frage, ob die aerophilen Diatomeen-Gesellschaften zu einem eigenen Verband zusammengeschlossen werden können, künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Unter den sonstigen Begleitern sind in Tabelle 6 nur diejenigen Arten aufgeführt, die für mehrere Gesellschaften angegeben werden. Die Tabelle 6, Spalte 1, enthält aus Gründen des Vergleichs nur eine verkürzte Artenliste; der vollständige Formenbestand des Caloneo-Naviculetum bryophilae ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Für die Gesellschaften SCHORLERS und BEGERS sei auf die Originalliteratur verwiesen. Das Caloneo-Naviculetum bryophilae besiedelt in Strausberg ziemlich gut durchfeuchtete Standorte und ist daher viel artenreicher als die übrigen bisher beschriebenen acrophilen Gesellschaften. Deren Standorte sind teilweise erheblich trockener und unterliegen stärkeren Feuchtigkeitsschwankungen; sie sind deshalb von Natur aus artenärmer. Die in Tabelle 6 unter den Begleitern aufgeführten Arten dürfen nicht alle als charakteristische Glieder der Gesellschaften betrachtet werden. Es können sich darunter auch Zufällige befinden. Sicher ist dies z. B. bei *Nitzschia sigma* der Fall, die als halophile Art aus der Ostsee verschleppt sein könnte; diese Möglichkeit hat auch BEGER (1927) in Betracht gezogen. In Strausberg wurde diese Art nur einmal im Moosrasen (15) festgestellt.

V. Aspektwechsel und Jahresperiodizität der Diatomeen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet

Abschließend soll die Frage behandelt werden, inwieweit die untersuchten Kieselalgen-Gesellschaften im Jahresverlauf Veränderungen unterliegen; denn es ist bekannt, daß die Zusammensetzung von Algengemeinschaften in Abhängigkeit von der Jahreszeit oft stark wechseln kann, weshalb zu ihrer vollständigen Erfassung Untersuchungen während eines ganzen Jahres gefordert werden (PANKNIN 1945). Im Hinblick darauf sind in den Tabellen 2, 4 und 5 für eine Reihe von Standorten mehrere, zu verschiedener Jahreszeit durchgeführte Bestandsaufnahmen wiedergegeben. Betrachtet man die Strausberger Diatomeen-Gesellschaften hinsichtlich ihrer jahresperiodischen Veränderungen, so kann man zunächst feststellen, daß an einer Untersuchungsstelle das ganze Jahr über die gleiche Gesellschaft vorhanden ist. Doch können zu gewissen Zeiten aspektbildende Arten hervortreten, die sich durch ein jahreszeitlich gebundenes Entwicklungsmaximum auszeichnen und dabei teilweise auch die ökologischen Gegebenheiten des Standortes widerspiegeln.

Im Naviculetum rhynchocephalae-viridulae des Beckerfließes dominieren z. B. im Frühjahr *Stephanodiscus hantzschii* (ßm), *Cocconeis pediculus* (h) und *Navicula rhynchocephala*. Das Vorherrschen von *St. hantzschii* ist durch die Eutrophierung des Fließes bedingt und stimmt mit den Angaben von RAABE (1951) überein, welche in Ostholstein bei dieser Art ebenfalls ein Frühjahrsmaximum feststellte. Das Maximum von *Cocconeis pediculus* fällt mit der Hauptentwicklung von *Cladophora glomerata* zusammen; bei Rückgang dieser Fadenalge im Sommer nimmt auch die Häufigkeit des Epiphyten ab. *Navicula rhynchocephala* erreichte bei uns im Herbst kein zweites Entwicklungsmaximum, wie es RAABE (1951) in der Kossau beobachtet hat. Einen besonderen Sommer- oder Herbstaspekt zeigte das Naviculetum rhynchocephalae-viridulae im Beckerfließ nicht. In Haupt- und Stranggraben trat zum Unterschied vom Beckerfließ *Cocconeis placentula* während der gesamten Vegetationsperiode aspektbildend auf und nahm erst im Winter deutlich an Häufigkeit ab. Außerdem waren an diesen Standorten *Achnanthes minutissima*, *A. lanceolata* und *Gomphonema parvulum* besonders häufig; doch sind dieses kleinere Formen, die neben *Cocconeis placentula* die Physiognomie der Assoziation weniger beeinflussen.

Vom Synedretum minusculae der Wiesengräben liegen für die verschiedenen Standorte nur aus einer oder zwei Jahreszeiten Bestandsaufnahmen vor. Diese unterscheiden sich teilweise durch eine Anzahl aspektbildender Arten, was u. a. auf gewissen Unterschieden in den Standortbedingungen beruhen kann. Aspektbestimmend mit Frühjahrsmaximum sind *Meridion circulare*, *Gomphonema angustatum* var. *producta* und *G. parvulum* in den Gräben (12) und (17), *Achnanthes minutissima* außerdem auch in Graben (22), *A. lanceolata* in den Gräben (12, 22, 17 und 21). Die beiden ersten Arten haben nach Raabe auch in Ostholstein ein Frühjahrsmaximum. Im Abflußgraben der Eisenquelle (21) trat *Nitzschia linearis* hervor. Durch die am Standort (23) vorherrschende *Cocconeis placentula* kommt der Einfluß des benachbarten Stranggrabens zum Ausdruck. In dem zu den Moosrasen überleitenden Graben (28) herrschte im Frühsommer *Eunotia lunaris* vor. In der Sommerprobe aus Graben (4) bestimmten *Melosira italica* und als typische Aufwuchsform *Epithemia zebra* den Asepkt. In einer Herbstprobe des Standortes (22) zeigten *Melosira varians* und *Cyclotella meneghiniana* eine Massenentwicklung. Arten, für die auch Raabe unter höheren Temperatur- und Eutrophiebedingungen ein Herbstmaximum angibt.

In der als Eunotietum formicae bezeichneten Kieselalgen-Assoziation eutropher Moorweiher bildeten am Standort (18) *Achnanthes minutissima*, *Amphipleura pellucida*, *Mastogloia smithii* var. *lacustris* und *Rhopalodia gibba* einen Frühjahrsaspekt, der im Sommer von *Cocconeis placentula*, *Cymbella cistula*, *Epithemia zebra* und *Navicula radiosa* abgelöst wurde. Ein besonderer Herbstaspekt wurde nicht ausgebildet. An Standort (26) waren während der gesamten Vegetationsperiode *Epithemia zebra* und *E. turgida* aspektbestimmend; daneben zeigten *Stephanodiscus hantzschii* ein Frühjahrsmaximum und *Amphipleura pellucida* optimale Entwicklung im Spätjahr, traten aber gegen die zuerst genannten Arten zurück. Den Frühjahrsaspekt des Fragilarietum subsalinae (Quellweiher 24) bestimmten bandförmige *Fragilaria*-Arten (*F. capucina*, *F. leptostauron* var. *dubia*); dazu kamen die kleinen Formen *Opephora martyi* und *Achnanthes minutissima*. Im Sommer dominierten dann *Denticula elegans* und *Cocconeis placentula*, die zweite Art bis in den Herbst hinein.

Im Caloneo-Naviculetum bryophilae der calciphilen Moosrasen an Standort (16) waren während der gesamten Vegetationsperiode *Pinnularia gracillima*, *Cymbella cesatii* und die kleine *Achnanthes minutissima* häufig vertreten; *Navicula bryophila* ging dagegen im Herbst etwas zurück. Ein Sommermaximum zeigten *Cymbella aequalis* und *Nitzschia frustulum*. Im Moosrasen (15) waren *Navicula bryophila* und *N. radiosa* im Frühjahr aspektbestimmend; dazu kam *Rhopalodia gibba* mit einem Frühjahrs- und Sommermaximum und *Pinnularia gracillima* mit einem Frühjahrs- und Herbstmaximum. In den Frühjahrsproben von den übrigen Moos-Standorten dominierten bei (25) *Eunotia lunaris*, *Gomphonema parvulum* und *Achnanthes lanceolata*; an Standort (11) kam es wohl zufällig zu einer starken Vermehrung von *Fragilaria crotonensis*, während in der Bestandsaufnahme von (13) *Pinnularia gracillima* und *Gomphonema angustatum* var. *producta* vorherrschten.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß es an den meisten der untersuchten Standorte zur Aspektbildung kam. Dabei handelt es sich in der Regel um Frühjahrs- oder Sommeraspekte; ausgeprägte Herbst- oder Winteraspekte wurden nicht beobachtet. Ein stärkerer Wechsel zwischen Frühjahrs- und Sommeraspekt trat vor allem im Eunotietum formicae des Standortes (18) und im Fragilarietum subsalinae des Quellweihers (24) ein. Die zu gewissen Jahreszeiten vorkommenden Entwicklungsmaxima bestimmter Diatomeen-Arten sind jedoch mehr quantitativer und viel weniger qualitativer Natur. In den untersuchten Strausberger Gewässern konnten

zu jeder Jahreszeit, selbst im Winter, die Diatomeen-Gesellschaften an ihrer charakteristischen Artenkombination eindeutig erkannt werden. Schon Allorge (1921) stellte fest, daß auch die planktische Diatomeen-Gesellschaft der Seine und Oise das gesamte Jahr über vertreten ist und die jahreszeitlichen Unterschiede lediglich quantitativer Art sind.

Ein wichtiger Maßstab zur Beurteilung der Beständigkeit von Pflanzengesellschaften ist die Gesamt-Artenzahl und die Präsenz der Charakter- und Differenzialarten. Sehr artenreich sind die Gesellschaften der Fließe und Wiesengräben. Gewöhnlich sind in den Aufnahmen zwischen 70 und 100 Arten vorhanden; mitunter steigt die Zahl auf über 100 an (Tabelle 7). In einem Fall (unterer Stranggraben, Winterprobe) wurden 134 Arten festgestellt. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit ist nicht zu erkennen. Nur wenig kleiner ist der Gesamt-Artenbestand in den Weihern. Beim Eunotietum formicae bewegen sich die Zahlen zwischen 51 in Weiher (26), Sommer, und 87 in Weiher (18), Frühjahr. In ähnlichem Bereich liegen die Werte auch beim Fragilarietum subsalinae im Quellweiher (24) mit 81 Arten im Frühjahr und 71 im Herbst. Teilweise nimmt im Sommer der Artenreichtum etwas ab, und zwar beim Eunotietum formicae. Dieses dürfte vornehmlich auf den sommerlichen Entwicklungshöhepunkt der Phanerogamen-Vegetation zurückzuführen sein. Im Verhältnis am artenärmsten ist infolge der ziemlich extremen ökologischen Bedingungen das Caloneo-Naviculetum bryophilae der Moosrasen mit maximal 60 Arten im Frühjahr an Standort (16) und nur 29 in der Herbstprobe aus Moosrasen (15).

Für die pflanzensoziologische Ansprache der Gesellschaften ist neben der gesamten Artenkombination besonders die Vertretung der Charakter- und Differenzialarten wichtig (Tabelle 7). Im Naviculetum rhynchocephalae-viridulae sind auch diese Gruppen im Verhältnis am artenreichsten. Die Kennarten der Assoziation schwanken im unteren Stranggraben (14) und im Beckerfließ (27) zwischen 10 und 16 je Aufnahme. Die Standorte der typischen Subassoziation sind etwas weniger gut charakterisiert und ergaben im Mittel 6 bis 8 Assoziations-Kennarten. Die an den einzelnen Standorten des Naviculetum rhynchocephalae-viridulae vorkommenden Schwankungen in der Anzahl der Assoziations-Kennarten sind nicht deutlich von der Jahreszeit abhängig; vielleicht besteht im Sommer eine gewisse Tendenz zum Rückgang. Die beiden Subassoziationen von *Cocconeis diminuta* und *Stephanodiscus hantzschii* zeigten dagegen die meisten Differentialarten im Frühjahr und Sommer (10—14) und eine zahlenmäßige Abnahme im Herbst und Winter (8—9). In dem an sich nur schwach definierten Synedretum minusculae der kleinen Wiesengräben waren bei gut entwickelten Beständen jeweils 3—4 Ass.-Kennarten vorhanden. Sehr übereinstimmend waren in allen genannten Gesellschaften und ihren Untergliederungen die Charakterarten des Verbandes Meridio-Naviculion gregariae vertreten, nämlich mit 10 bis 18 Arten. Die vorkommenden Schwankungen scheinen auch hier zufälliger Art und nicht jahreszeitlich bedingt zu sein.

Das Eunotietum formicae der Moorweiher hat je Aufnahme optimal 8 bis 9 Assoziations-Kennarten aufzuweisen; ihre Zahl war in Weiher (18) recht konstant, in Weiher (26) nahm sie vom Frühjahr zum Herbst und Winter hin deutlich zu, so daß die beste Ausbildung der Gesellschaft gegen Jahresende vorlag. Die Zahl der Differentialarten für die beiden Subassoziationen der Gesellschaft blieb mit 8 bis 9 bzw. 4 Arten zu allen Jahreszeiten weitgehend gleich. Dieselbe Unabhängigkeit von der Jahreszeit wurde auch bei den Assoziations-Charakterarten des Fragilarietum subsalinae mit 11 bis 12 Arten gefunden. Auch die Charakterarten des Verbandes Cymbello-Synedrion capitatae behaupteten meist das ganze Jahr über eine für die je-

Tabelle 7. Gegenüberstellung von Gesamtartenzahl und der Zahl der Charakter- und Differentialarten der neu beschriebenen Diatomeen-Gesellschaften im Jahresverlauf

Standorte	Jahreszeit	Assoziation	Gesamtartenzahl	Zahl d. C-Ass. (u. D-Ass.)	Subassoziation	Zahl d. D-Subass.	Verband	Zahl der VC.
Stranggraben (29) u. Hauptgraben (19) (Mittel)	Frühling	Naviculetum rhyncho-cephalae-viridulae	66	8	typische Subass.	—	Meridio-Naviculion gregariae	12
	Sommer		72	6		—		14
	Herbst		81	7		—		15
Stranggraben (14)	Frühling		105	14	v. *Cocconeis diminuta*	13		14
	Sommer		106	13		14		14
	Herbst		98	13		9		14
	Winter		134	16		9		18
Beckerfließ (27)	Frühling		95	14	v. *Stephanodiscus hantzschii*	10		10
	Sommer		85	10		11		12
	Herbst		100	13		8		10
Kleine Wiesengräben (4, 12, 17, 22)	Frühling (12)	Synedretum minusculae	82	3	—	—		16
	Frühling (17)		90	3		—		15
	Sommer (22)		101	4		—		17
	Sommer (4)		71	3		—		10
	Herbst (12)		89	4		—		16
	Herbst (22)		66	3		—		12
Weiher (18)	Frühling	Eunotietum formicae	87	9	v. *Mastogloia lacustris*	9	Cymbello-Synedrion capitatae	10
	Sommer		85	9		9		10
	Herbst		79	8		8		10
Weiher (26)	Frühling		53	5	v. *Melosira italica*	4		6
	Sommer		51	7		4		5
	Herbst		73	8		4		8
	Winter		68	9		4		8
Weiher (24)	Frühling	Fragilarietum subsalinae	81	12	—	—		8
	Sommer		72	11		—		9
	Herbst		71	12		—		9
Moosrasen (16)	Frühling	Caloneo-Naviculetum bryophilae	60	13				
	Sommer		55	11				
	Herbst		50	9				
Moosrasen (15)	Frühling		47	8				
	Sommer		39	6				
	Herbst		29	4				
	Winter		39	7				

weilige Gesellschaft bzw. Subassoziation bezeichnende Artenzahl. Lediglich bei der Subass. von *Melosira italica* des Eunotietum formicae ergab sich eine Zunahme der Verbands-Kennarten von 5 bis 6 im Frühling und Sommer auf 8 im Herbst und Winter.

Im Vergleich mit den Biotopen des offenen Wassers ergaben sich in den Moosrasen größere jahreszeitliche Unterschiede im Auftreten der Kennarten. Die optimale Ausbildung des Caloneo-Naviculetum bryophilae fällt in die Zeit der besten Wasserführung der Moospolster, das heißt in den Frühling. Die Zahl der Assoziations-Charakterarten erreicht jeweils im Herbst den niedersten Wert und ist zum Teil nur noch halb so groß wie im Frühjahr (Standort 15). Die Anzahl der an den einzelnen Standorten festgestellten Charakterarten schwankt hier ebenso wie die Gesamt-Artenzahl. Der Moosrasen (16) ergab das ganze Jahr hindurch im Verhältnis am meisten Arten (9—13), die übrigen Standorte (Tabelle 5) wesentlich weniger (4—8 je Aufnahme). Trotzdem war die Gesellschaft in allen Fällen noch gut zu erkennen.

Um so auffällig mit der Jahreszeit wechselnde Assoziationen, wie sie SAUER (1937) bei den Grünalgen ostholsteinischer Seen fand, handelt es sich bei unseren Diatomeen-Gesellschaften offensichtlich nicht; die Assoziationen dürften vielmehr in nicht völlig zufrierenden Gewässern das ganze Jahr über vertreten sein. Bezüglich des günstigsten Zeitpunktes für die Vegetationsaufnahmen von Kieselalgen-Gesellschaften

Übersicht über die Diatomeen-Gesellschaften des Naturschutzgebietes Strausberg unter Einbeziehung verwandter aerophiler Assoziationen

Verbände	Assoziationen	Subassoziationen
Meridio-Naviculion gregariae (Fließe und Gräben)	Naviculetum rhynchocephalae-viridulae (Fließe)	a) Typische Subassoziation b) Subass. von *Cocconeis diminuta* c) Subass. v. *Stephanodiscus hantzschii*
	Synedretum minusculae (Wiesengräben)	—
Cymbello-Synedrion capitatae (eutrophe Weiher)	Eunotietum formicae (eutrophe Moorweiher)	a) Subass. von *Mastogloia lacustris* b) Subass. von *Melosira italica*
	Fragilarietum subsalinae (mineralreiche Quellweiher)	—
Gruppe aerophiler Diatomeen-Gesellschaften, Verbandszugehörigkeit unsicher (in Moospolstern)	Caloneo-Naviculetum bryophilae (calciphile Sumpfmoose)	—
	Eunotietum bigibbae (feuchte Laubmoose der Bergstufe auf Felsen)	a) Typische Subassoziation b) Subass. von *Eunotia praerupta*
	Eunotietum paludosae (feuchte Laubmoose im Flach- und Hügelland)	—

wird man sich nach dem Standort richten müssen. Im Verhältnis am besten werden sie in den meisten Fällen im Frühjahr entwickelt sein. Solange allerdings unsere Kenntnisse über die Algengesellschaften noch nicht genügend gefestigt sind, sollte man an einer wiederholten Untersuchung während der Hauptjahreszeiten festhalten.

VI. Zusammenfassung

1. Aus einem Flachmoorgebiet bei Strausberg im Osten Berlins (Naturschutzgebiet „Lange-Damm-Wiesen und Unteres Annatal") werden die in nebenstehender Übersicht genannten Kieselalgen-Gesellschaften beschrieben. Eine aerophile Gesellschaft aus nassen Moosrasen wird mit ähnlichen Gesellschaften von anderen Standorten verglichen. Die Gesellschaften der Standortgruppen der Fließe und Wiesengräben und der Moorweiher lassen sich jeweils zu einem Verband zusammenfassen; bei den aerophilen Gesellschaften ist die Verbandszugehörigkeit vorläufig nicht zu beurteilen.

2. Die bisherigen Versuche zur Aufstellung von Kleinalgen-Gesellschaften werden kritisch besprochen. Bei Berücksichtigung der Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes erweist sich die für Phanerogamen bewährte Methode von Braun-Blanquet als sehr geeignet. Die Assoziationen und ihre Gliederung werden anhand von Tabellen mit vollständigen Artenlisten dargestellt und durch die ökologischen Gegebenheiten ihrer Standorte charakterisiert.

3. Die Gesellschaften sind ganzjährig mit nur geringen Änderungen in ihrer Zusammensetzung vorhanden. In Abhängigkeit von der Jahreszeit kann es zur Aspektbildung durch Vorherrschen bestimmter Arten kommen, was jedoch das soziologische Bild nicht beeinflußt.

VII. Literatur

Allorge, P., 1921: Les associations végétales du Vexin français. I. Plancton à Diatomèes. Rev. gén. Bot. (Paris) **33**, 589—595.

—, 1925: Sur quelques groupements aquatiques et hygrophiles des Alpes du Briançonnais. Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich **3**, Festschr. C. Schröter, 108—126.

Beger, H., 1927: Beiträge zur Ökologie und Soziologie der luftlebigen (atmophytischen) Kieselalgen. Ber. dtsch. bot. Ges. **45**, 385—407.

Braun-Blanquet, J., 1951: Pflanzensoziologie. 2. Aufl, Wien: Springer.

Budde, H., 1934: Algenuntersuchungen in westfälischen Mooren, insbesondere algensoziologischer Art. Abh. westf. Prov.-Mus. Naturk. Münster **5**, 3—48.

—, 1940: Neuer Beitrag zur Algenflora Westfalens. Ebenda **11**, 29—40.

Gessner, F., 1958: Die Binnengewässer. Handb. d. Pflanzenphysiologie, hrsg. v. W. Ruhland, **4**, 179—232, Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer.

—, 1959: Hydrobotanik. Physiologische Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser. II. Stoffhaushalt. Berlin: Dtsch. Verl. Wiss.

Höll, K., 1928: Ökologie der Peridineen. Studien über den Einfluß chemischer und physikalischer Faktoren auf die Verbreitung der Dinoflagellaten im Süßwasser. Pflanzenforschung, hrsg. v. R. Kolkwitz, **11**, Jena: Fischer.

Hustedt, F., 1924: Die Bacillariaceen-Vegetation des Sarekgebirges. Naturw. Untersuch. d. Sarekgeb. in Schwed.-Lappland, hrsg. v. A. Hamberg, **3**, 525—626.

—, 1930: Bacillariophyta (Diatomeae). Die Süßwasserflora Mitteleuropas, hrsg. v. A. Pascher, Heft 10, 2. Aufl., Jena: Fischer.

—, 1945: Diatomeen aus Seen und Quellgebieten der Balkan-Halbinsel. Arch. Hydrobiol. **40**, 867—973.

—, 1950: Die Diatomeenflora norddeutscher Seen mit besonderer Berücksichtigung des holsteinischen Seengebiets. V—VII. Seen in Mecklenburg, Lauenburg und Nordostdeutschland. Ebenda **43**, 329—458.

—, 1957: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. naturw. Ver. Bremen **34**, 181—440.

KOLKWITZ, R., 1950: Ökologie der Saprobien. Über die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. Schriftenreihe Ver. f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene **4**, 5—33.

KRIEGER, W., 1929: Algologisch-monographische Untersuchungen über das Hochmoor am Diebelsee. Beitr. Naturdenkmalpflege **13**, 230—300.

—, 1933: Die Algen. In: M. HILZHEIMER, Das Naturschutzgebiet Schildow. Kalktuffgelände am Tegeler Fließ. Teil 2. S. 55—84, Neudamm u. Berlin.

KURZ A., 1922: Grundriß einer Algenflora des appenzellischen Mittel- und Vorderlandes. Jb. st.-gall. naturw. Ges. **58**, 67—150.

LOHAMMAR, G., 1938: Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. Symbolae bot. upsalienses **3**, 1, 3—252.

MARGALEF, R., 1947a: Limnosociologia. Monografias de Ciencia moderna **10**, Barcelona.

—, 1947b: Los méthodos para la investigación de las comunidades acuáticas adnadas y especialmente las formadas por organismos microscópicos (perifiton, pecton). Collectanea botanica **1**, 3, Barcelona.

—, 1949: Las associaciones de algas en las aguas dulces de Pequeno Volumen del noreste de España. Vegetatio **8**, 258—284.

—, 1960: Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. Intern. Rev. ges. Hydrobiol. **45**, 132—153.

MAUCHA, R., 1932: Hydrochemische Methoden in der Limnologie. Die Binnengewässer, hrsg. v. A. THIENEMANN, **12**, 1—173, Stuttgart: Schweizerbart.

MESSIKOMMER, E., 1927: Biologische Studien im Torfmoor von Robenhausen unter besonderer Berücksichtigung der Algenvegetation. 171 S., Diss. Zürich.

PANKNIN, W., 1945: Zur Entwicklungsgeschichte der Algensoziologie und zum Problem der „echten" und „zugehörigen" Algengesellschaften. Arch. Hydrobiol. **41**, 92—111.

PRÁT, S., u. Z. CYRUS, 1948: Oscillatorietum. Věstník král. české Spol. Nauk, Tr. mat.-přirod., Jg. 1948, Nr. 7, 22 S.

RAABE, H., 1951: Die Diatomeenflora der ostholsteinischen Fließgewässer. Arch. Hydrobiol. **44**, 521—638.

REHBRONN, E., 1937: Beiträge zur Fischereibiologie märkischer Seen. II. Das natürliche Nahrungsangebot, insbesondere der Aufwuchs und die Ernährung der Fischnährtiere im Litoral eines eutrophen Sees. Z. Fischerei u. Hilfswiss. **35**, 233—345.

RODHE, W., 1949: The ionic composition of lake waters. Verhandl. int. Vereinig. angew. Limnol. **10**, 377—386.

ROLL, H., 1938: Die Pflanzengesellschaften holsteinischer Fließgewässer. Arch. Hydrobiol. **34**, 159—305.

SAUER, F., 1937: Die Makrophytenvegetation ostholsteinischer Seen und Teiche. Ebenda, Suppl.-Bd. **6**, 431—592.

SCHLÜTER, M. 1956: Die Diatomeenflora des Naturschutzgebietes Strausberg. Beiträge zur Flora und Vegetation Brandenburgs 15. Wiss. Z. päd. Hochsch. Potsdam, math.-nat. Reihe, **2**, 231—253.

—, 1958/59: Hydrobiologische Untersuchungen an Kleingewässern des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin mit besonderer Berücksichtigung der Kieselalgen. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, math.-nat. Reihe, **8**, 683—715.

—, 1959: Neue Ergebnisse und Ergänzungen zur Diatomeenflora des Naturschutzgebietes Strausberg. Beiträge zur Flora und Vegetation Brandenburgs 24. Wiss. Z. päd. Hochsch. Potsdam, math.-nat. Reihe, **4**, 181—206.

SCHORLER, B., 1915: Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. Sber. Abh. naturw. Ges. Isis Dresden, Jg. 1914 3—27.

Steinecke, E., 1916: Die Algen des Zehlaubruches. Schrift. phys. ökon. Ges. Königsberg **56**, 1—138.

Thunmark, S., 1945: Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. Eine methodologisch-ökologische Studie. Folia limn. scand. (Lund) **3**, 1—66.

Wehrle, E., 1927: Studien über Wasserstoffionen-Konzentrationsverhältnisse und Besiedlung an Algenstandorten in der Umgebung von Freiburg i. Br. Z. Bot. **19**, 209—269.

—, 1939: Zur Kenntnis der Algen im Naturschutzgebiet Weingartner Moor bei Karlsruhe a. Rh. Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl. **4**, 3—84.

—, 1942: Algen in Gebirgsbächen am Südostrande des Schwarzwaldes. Ökologische und floristische Untersuchungen im Wutach-Gauchach-Naturschutzgebiet. Ebenda **7**, 128—286.

Weinzierl, F. J., 1956: Das Diatomeen-Einschlußmittel nach Weinzierl. Mikrokosmos (Stuttgart) **45**, 94—96.

Dr. Marlis Schlüter
Institut f. Fischereiwesen der
Humboldt-Universität Berlin,
Berlin-Friedrichshagen, Josef-
Nawrocki-Straße 7

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	610—652

Eva-Maria Bursche

Hydrobiologische Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Fuldastation Schlitz/Hessen

Änderungen im Chlorophyllgehalt und im Zellvolumen bei Planktonalgen, hervorgerufen durch unterschiedliche Lebensbedingungen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 610
2. Methodik 612
3. Versuche mit Diatomeen 614
   a) *Diatoma elongatum* 614
   b) *Stephanodiscus Hantzschii* 622
   c) *Diatoma elongatum* und *Stephanodiscus Hantzschii* in Mischkultur 629
4. Versuche mit planktischen Chlorococcalen 632
   a) *Scenedesmus quadricauda* 632
   b) *Pediastrum boryanum* 637
   c) *Ankistrodesmus falcatus* 643
5. Diskussion 645
6. Zusammenfassung 650
7. Literatur 651

1. Einleitung

Noch immer gilt die Zählmethode als unentbehrlich zur quantitativen Bestimmung des Phytoplanktons, denn es werden damit nur die Algen selbst und nicht die anderen Sestonkomponenten erfaßt. Das Auszählen der Plankter erfordert jedoch einen großen Zeitaufwand und algologische Spezialkenntnisse. Deshalb ist die Zählmethode keine laboratoriumsmäßige Serienmethode, wie sie zumindest bei produktionsbiologischen Untersuchungen erforderlich wäre. Auch sagt die Zahl der Algen noch nichts über ihre Substanzmenge aus, weil die einzelnen Algenarten erhebliche Größenunterschiede aufweisen. Erst die Substanzmenge würde aber einen produktionsbiologischen Aussagewert besitzen. Es sind also noch Messungen und Berechnungen erforderlich, um das Algenvolumen zu ermitteln.

Die genannten Schwierigkeiten versucht man durch chemische Bestimmungen, z. B. von Trockensubstanz, Asche, Eiweiß zu umgehen, die Rückschlüsse auf die Algenmengen gestatten sollten. Doch gehen dabei Detritus und Zooplankton in das Untersuchungsergebnis mit ein, so daß kaum abschätzbare Fehler von beträchtlich wechselnder Größenordnung entstehen.

Seit längerer Zeit bedient man sich nun in der Limnologie und Meereskunde der weniger zeitraubenden Chlorophyllextraktionsmethode, um die Algenmenge indirekt zu bestimmen, indem die Farbstärke der grünen Pigmentlösung als Maß für das in einem gegebenen Wasservolumen enthaltene Phytoplankton genommen wird. Daß der Aussagewert dieser Methode allerdings nur bedingt ist, wurde schon verschiedentlich diskutiert.

So sind quantitative Rückschlüsse aus der Farbtiefe eines Plankton-Chlorophyllextraktes auf die Algenzahl schon deshalb unbefriedigend, weil dabei die Größe der Algen und damit ihre Masse unberücksichtigt bleiben. Außerdem erschwert die heterogene Zusammensetzung einer Phytoplanktongesellschaft durch die artspezifischen Pigmentunterschiede die Beurteilung des Chlorophyllwertes (Tucker 1949, Berardi e Tonolli 1953). Auch die Planktonasche oder -trockensubstanz stellt keinen konstanten Bezugswert für den Farbstoffgehalt der Algen dar (Margalef 1954, Harris and Riley 1956), nicht einmal innerhalb einer Art, weil unterschiedliche Wachstumsbedingungen den Chlorophyllgehalt der Algen zu beeinflussen vermögen. Sowohl die Ernährung (Boresch 1913, Mandels 1943, Pirson, Tichy und Wilhelmi 1952, Aach 1953, Dersch 1960), wie Licht und Temperatur (Warburg 1925, Harvey 1952/53, Garnier 1958, Halldal 1958) wirken auf die Pigmentausbildung ein. Diese Untersuchungsergebnisse sind mit der Feststellung, daß zwischen Chlorophyllmenge und Photosyntheseleistung der Algen keine direkte Abhängigkeit besteht (Pirson 1937, Mac Millan Conover 1956, Yentsch and Ryther 1957, Sorokin 1957, Ryther and Yentsch 1958) in Verbindung zu bringen. Hinzu kommen methodische im Extraktionsverfahren selbst liegende Schwierigkeiten und außerdem das tote Chlorophyll aus dem Seston (Gillbricht 1952, Banse 1956), das in das Untersuchungsergebnis mit eingeht.

In einer allgemein gehaltenen Betrachtung hat Krey (1958) einen Überblick über den Stand der Kenntnisse zur Brauchbarkeit der Chlorophyllmethode in Limnologie und Meereskunde gegeben. Er sowohl wie Ryther und Yentsch (1957) fordern, die Untersuchungen über die Anwendbarkeit der Chlorophyllextraktionsmethode auszudehnen, um ihrem Aussagewert eine sicherere Beurteilung zuteil werden zu lassen. Da ferner bei eigenen Arbeiten (Bursche, Kühl und Mann 1958, 1959 a, b) im Gebiet der Unterelbe und Unterwesen die Plankton-, Seston-, Eiweißwerte und die der organischen Substanz den Chlorophyllwerten nicht entsprachen, schien es lohnend, die Frage nach dem Wert der Chlorophyllmethode erneut zu prüfen.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich auf Laboratoriumsversuche mit Monokulturen der Planktonalgen *Diatoma elongatum*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum* und *Ankistrodesmus falcatus*, die während einer durch die Versuchsdauer gegebenen Wachstumsperiode auf ihren Chlorophyllwert hin untersucht worden sind. Variiert wurden vornehmlich die Ernährungsbedingungen. Da das Nitrat in den Gewässern häufig ins Minimum gerät und bekanntlich Nitratmangel leicht zu Chloroseerscheinungen führt, wurde im wesentlichen der $Ca(NO_3)_2$-Gehalt der Nährlösungen verändert.

Die Arbeit mit Monokulturen ermöglicht es, nicht nur die Unterschiede im Chlorophyllgehalt der einzelnen Algenarten, sondern gegebenenfalls auch Chlorophyllgehaltsschwankungen im Laufe der Entwicklung der Algen zu erfassen. Im Gegensatz zur rein physiologischen Arbeitsweise wurde kein Wert auf unbedingt optimale Lebensbedingungen gelegt. Es galt vielmehr nur, durch die Versuche zu ermitteln, in welchem Ausmaß mit Schwankungen des Chlorophyllgehaltes zu rechnen ist, wenn sich Algen unter verschiedenen Lebensbedingungen entwickeln.

Als Bezugsgröße wurde das Algenvolumen gewählt, das auf der Zellenzahl und dem aus den gemessenen Zellgrößen errechneten Volumen basiert: 1. handelt es sich um ein biologisch gegebenes Maß und nicht um einen experimentell gewonnenen

Wert und 2. war zu erwarten, daß die Ermittlung der sich im Verlauf der Entwicklungszeit ändernden Zellgrößen gleichzeitig Einblick in die Reaktionsweise der Algen auf unterschiedliche Milieueinflüsse geben würde. Außerdem wurde noch das Trockengewicht der Algen bestimmt.

2. Methodik

Für die Versuche wurden die Algen in einem Photothermostatenbad (Abb. 1) unter gleichen Außenbedingungen gehalten. Es besteht aus einem flachen Gestellaquarium, unter dessen Glasboden eine in der Höhe verstellbare Beleuchtungsanlage angebracht ist. Die fünf, in der Länge parallel zueinander auf ein Brett montierten Leuchtstoffröhren entsprechen dem Typ: Warmton „De Luxe", 40 Watt von „Philips". Die Temperatur des Wassers wird durch einen „Thermomix II" auf die gewünschte Gradzahl gebracht und dann konstant gehalten. Gegebenenfalls kann mit einer den Aquarienwänden anliegenden Kühlschlange in Verbindung mit einem Kühlaggregat auch bei niedrigen Temperaturen gearbeitet werden. Das Wasser mußte wegen ständig auftretender Bakterientrübe laufend mit Hilfe eines Kohle-Außenfilters gefiltert werden.

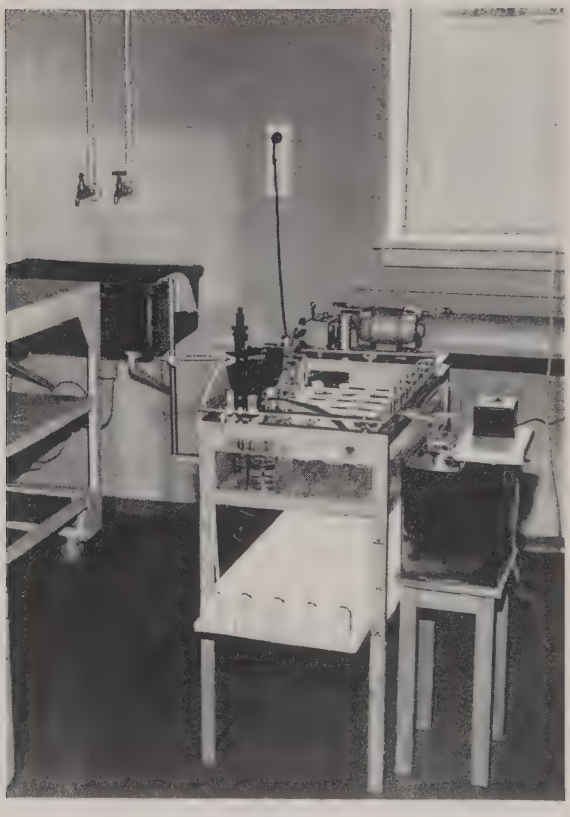


Abb. 1. Photothermostatenbad mit Außenfilter aufgestellt im Laboratorium

Die Versuchskölbchen mit den Algenkulturen hingen in einem Rahmengestell bis zum Flaschenhals im Wasserbad. Das Rahmengestell ist in seiner Längsrichtung durch Motorantrieb beweglich, damit eine leichte Bewegung der Nährlösung erzielt werden kann.

Die Kulturkölbchen einer Untersuchungsserie wurden unter sterilen Bedingungen mit gleichen Nährlösungsmengen und gleicher Menge Impfmaterial beschickt. Innerhalb einer Versuchsserie enthielt vielfach ein Teil der Kölbchen eine andere Nährlösung als der andere Teil. Die Algen konnten sich also bei gleichen Temperatur- und Lichtverhältnissen, jedoch in unterschiedlichem Nährmilieu entwickeln. Belichtung täglich 12 Stunden.

Nach bestimmten Zeitabständen wurden zur gleichen Tageszeit aus jeder Kulturreihe je zwei Versuchskölbchen abgenommen, um Vergleichsmöglichkeiten zu haben.

Grundnährlösungen waren für die Grünalgen die von RODHE (1948) zusammengestellte Nährlösung Nr. 8 und die von LEFÈVRE, JAKOB und NISBET (1952) mit „L+C" bezeichnete Nährlösung (allerdings ohne *Sphagnum*-Extrakt). Für die Diatomeen ist die Nährlösung Nr. 10 von CHU (1942) verwendet worden; als Eisenquelle diente jedoch nicht Eisenchlorid, sondern ein Eisenkomplex mit Äthylendiamintetraessigsäure (ÄDTE-Eisen) (Tab. 1). Die

Nährsalze wurden einzeln sterilisiert und danach erst zur gewünschten Nährlösung zusammengestellt. Das Wasser war doppelt quarzdestilliert. Die Kulturgefäße wurden vor Beginn jeder Versuchsserie nach den Angaben von LUND (1949) gesäubert.

Die sterile Arbeitsweise sollte vor Verunreinigung der Kulturen, vornehmlich Verpilzung schützen. Die Algen selbst waren jedoch nicht völlig bakterienfrei.

Um die Versuchsbedingungen im Vergleich mit den Verhältnissen in der Natur nicht extrem zu gestalten, ist weder mit Klon-, noch Synchronkulturen gearbeitet worden. Das Impfmaterial wurde zu den mit Versuchsnährlösung versehenen Kulturkölbchen kubikzentimeterweise zugesetzt. Mit den Impfalgen kam auf diese Weise allerdings Stammkultur-Nährlösung in die Versuchsflaschen hinein. Da aber alle Untersuchungsgefäße die gleichen Mengen zugeteilt bekamen, blieben die Vergleichsbedingungen erhalten.

Tabelle 1. Zusammensetzung der verwendeten Grund-Nährlösungen (g/l)

	CHU Nr. 10 abgeändert	RODHE Nr. 8	LEFÈVRE, JAKOB et NISBET „L + C“
KNO_3	—	—	0,1
$Ca(NO_3)_2$	0,04	0,060	0,1
K_2HPO_4	0,01	0,005	0,04
$MgSO_4$	0,025	0,005	0,03
Na_2SiO_3	0,025	0,020	—
Na_2CO_3	0,020	—	—
$MnSO_4$	—	0,0003	—
$FeCl_3$	—	—	Spur
Eisencitrat + Citronensäure	—	0,001+0,001	—
ÄDTE-Eisen	0,005	—	—
Erdextrakt	—	—	7,5 cm³

Das Auszählen der Algen erfolgte mittels 1 mm hoher Planktonkammern, deren Deckplatte ein 1-mm²-Netz aufweist. Von fast jeder Probe sind 50 Algen ausgemessen worden (Objektiv 45fach, Meßokular 3 oder 10fach). Das Volumen der Algen errechnete sich aus den aus Plastilinmodellen entwickelten Formeln (BURSCHE 1959 b; den Berechnungen wurde die Zellbreite zugrunde gelegt), bzw. für *Stephanodiscus Hantzschii* einfach als Zylinder. Die der Volumberechnung zugrunde gelegten Maße entsprachen Mittelwerten, die meist wenigstens aus 100 Messungen gebildet wurden, und zwar nach dem Multiplikationsverfahren (WEBER 1957). Lagen weniger als 100 Messungen vor, wird an entsprechender Stelle darauf hingewiesen.

Die Papierfilter von Schleicher und Schüll Nr. 1575 waren dicht genug, um alle Versuchsalgen zurückzuhalten. Für die Trockengewichtsbestimmungen sind die Algen eine Stunde lang bei 90° getrocknet worden.

Da Chlorophyllextraktionen nach der Schnellmethode von OORSCHOT (1955) in Vorversuchen geringere Werte als nach dem Verfahren von KREY (1939) lieferten, wurde bei den eigentlichen Arbeiten ausschließlich letzteres angewendet. Abweichend von den Angaben KREYS sind die Algen auf den Filtern nicht durch Wasserdampf abgetötet, sondern 1½ Minuten in einem Glasröhrchen in kochendes Wasser gehalten worden. Nach der Zugabe von Methanol (ein Zusatz von $MgCO_3$ war hierbei wirkungslos) blieben die Proben 4 bis 5 Stunden im Dunkeln bei Zimmertemperatur stehen. Diese Zeit genügte, um das Chlorophyll quantitativ zu extrahieren. Extraktionsschwierigkeiten traten hin und wieder bei *Pediastrum boryanum* auf. Hier führte dann aber weder wiederholte Kaltextraktion noch Heißextraktion (UNGEMACH 1960) zum Ziel. PIRSON, TICHY und WILHELMI (1952) berichten, daß *Ankistrodesmus falcatus* bei Phosphor-, Magnesium- und Kalimangel auffällig schwer zu extrahieren war. Ähnliche Ursachen mögen zeitweilig bei *Pediastrum* vorgelegen haben.

Das Absorptionsmaximum bei 660 mμ (Interferenz-Bandfilter) ist mit dem visuellen „Leifo" (Leitz) photometriert worden. Dem Vorschlag KREYS (1958) und der schon allgemein üblichen Handhabung folgend, wurde die Eichkurve mit kristallisiertem Chlorophyll „a" (Firma Sandoz/Basel) aufgestellt. Es sei jedoch betont, daß die auf diese Weise festgestellten Chlorophyllmengen nicht das in den Algen vorhandene Chlorophyll „a" repräsentieren, sondern den bei 660 mμ gemessenen grünen Farbstoffgehalt.

Die Proben sind meistens frisch verarbeitet worden. Wenn dies nicht möglich war, konnten sie im Dunkeln im Kühlschrank aufbewahrt werden, ohne daß sich der Chlorophyllwert der Algen oder die anderen Bezugsgrößen veränderten.

Luftgetrocknetes Algenmaterial ließ sich nicht quantitativ extrahieren. Auch vorsichtige Trocknung im Exsikkator und Aufbewahrung daselbst im Kühlschrank (CREITZ and RICHARDS 1955) ermöglichte bei den Grünalgen keine vollständige Extraktion. Die beiden Diatomeen-Arten ließen sich dagegen, sofern beim Abfiltrieren $MgCO_3$ zugesetzt worden war und sie im Exsikkator getrocknet wurden, vollständig extrahieren. Abtötung der frischen Algen im Wasserbad war erforderlich.

3. Versuche mit Diatomeen

a) *Diatoma elongatum*

Die Diatomeen sind in der abgeänderten Nährlösung Nr. 10 von CHU (Tab. 1) kultiviert worden. In den Versuchsserien wurde der $Ca(NO_3)_2$-Gehalt variiert und gegebenenfalls $CaCl_2$ anstelle von $Ca(NO_3)_2$ der Nährlösung zugesetzt.

Ein Orientierungsversuch, der bei 6000 Lux, 15 °C Wasserbadtemperatur und mit der abgeänderten Kulturlösung Nr. 10 von CHU, die 60 mg $Ca(NO_3)_2$/l enthielt, durchgeführt wurde, gab zunächst Auskunft über den Chlorophyllgehalt einer *Diatoma*-Zelle bzw. des Standardzellvolumens von 1 mm³. Innerhalb von 11 Kulturtagen traten Grenzwerte zwischen $4{,}4 \times 10^{-6}\,\gamma$ und $2{,}3 \times 10^{-6}\,\gamma$ Chlorophyll je Zelle und $3{,}7\,\gamma$ und $2{,}2\,\gamma$ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen auf. Ein sichtbarer Chlorophyllabbau erfolgte innerhalb der Versuchszeit nicht.

Um nun auch Nitratmangelzustände zu reproduzieren, ohne die Versuchsdauer länger auszudehnen, ist in den folgenden Kulturserien ein Teil der Versuchskölbchen mit Nährlösung, die anstelle von Calciumnitrat Calciumchlorid enthielt, versehen worden. Nitrat erhielten diese Kulturen nur mit dem Impfgut zugeführt.

In den folgenden beiden Versuchsserien wurde jetzt also ein Teil der Kulturkölbchen mit 60 mg $Ca(NO_3)_2$/l enthaltender Nährlösung („I") beschickt, ein anderer Teil mit Nährlösung („II") = 18 mg $Ca(NO_3)_2$/l, die übrigen Versuchskölbchen mit calciumnitratfreier, dafür aber 18 mg $CaCl_2$/l enthaltender Nährlösung („III") versehen. 6000 Lux wurde den Algen am Boden der Kulturgefäße zugestrahlt. Alter und Menge des Impfgutes waren in beiden Kulturserien gleich.

Der erste dieser beiden Versuche ist bei 15 °C Wasserbadtemperatur durchgeführt worden.

Die Zellvermehrung verlief in den beiden $Ca(NO_3)_2$ enthaltenden Kulturreihen ziemlich gleichmäßig (Abb. 2)[1]. Bis auf die beiden Werte für Nährlösungsreihen I und II vom letzten Kulturtag, die Einzelwerte darstellen, sind alle anderen das Mittel aus den Untersuchungsergebnissen von zwei Parallelkulturen.

Die Teilungsrate war in der $CaCl_2$ enthaltenden Kulturreihe anfangs größer als in den „Nitratkulturen". Aber gegen das Ende der Versuchszeit hin verringerte

[1]) Der besseren Anschaulichkeit halber ist die Kurvendarstellung gewählt worden. Die Linienzüge zwischen zwei Meßpunkten stellen nur Verbindungslinien und keine Entwicklung dar.

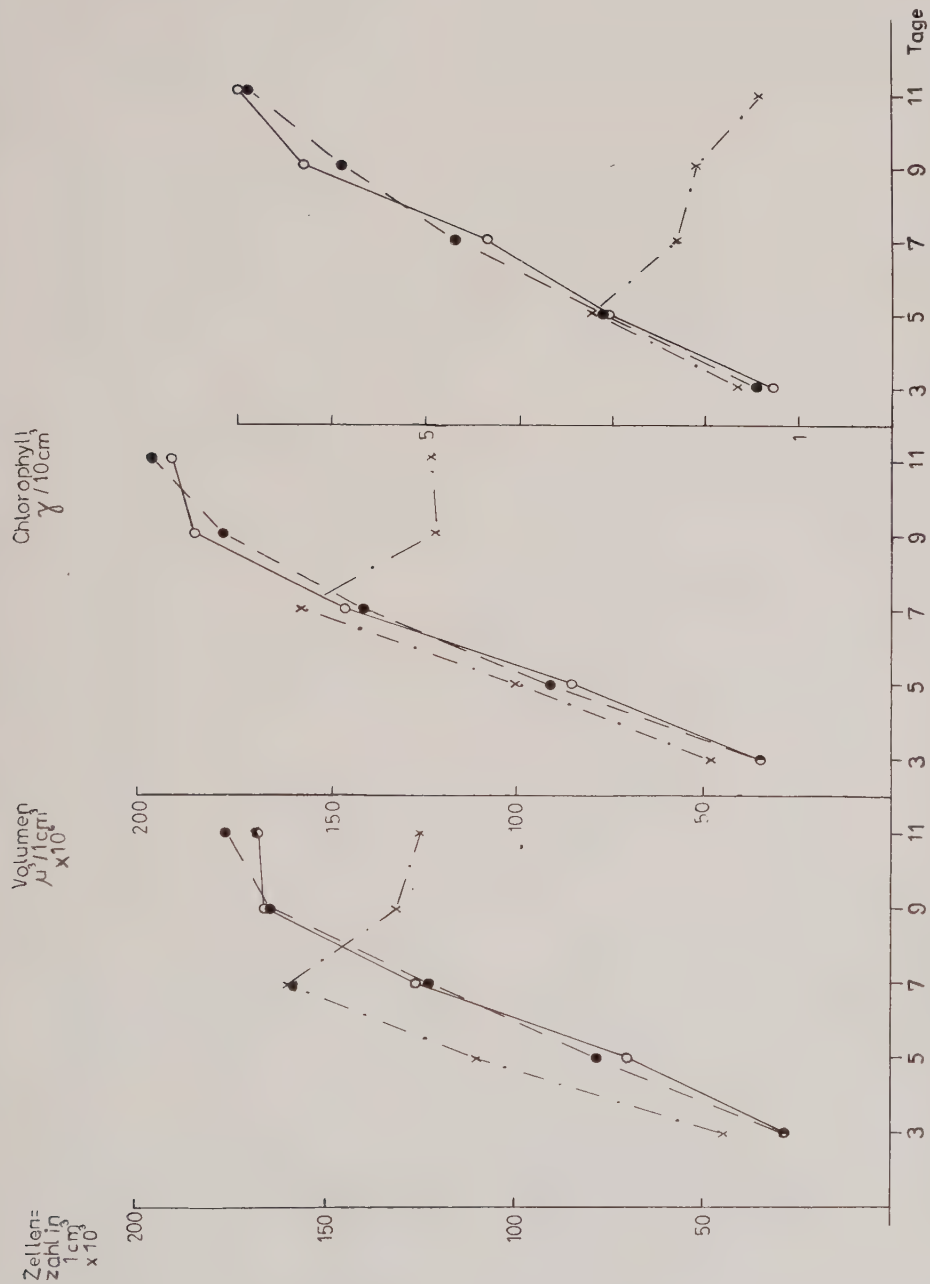


Abb. 2. Zellvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt im Verlauf des Kulturversuchs mit *Diatoma elongatum* bei 15 °C. o —— o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II; × — · — · — × Nährlösungsreihe III

sich die Zellenzahl derartig, daß schließlich in dieser Nährlösungsreihe weniger Diatomeen vorlagen als in den beiden anderen Kulturreihen. Das der Zellenzahl entsprechende Gesamtalgenvolumen in 1 cm³ Kulturlösung wies gleiche Tendenzen wie die Zu- und Abnahme der Zellenzahl auf. Der Chlorophyllgehalt der Algen ließ demgegenüber auffallende Abweichungen erkennen, indem trotz Zunahme von Zellenzahl und Volumen in der Nährlösungsreihe III die Farbstoffmenge zu gleicher Zeit schon abnahm.

Diese Verhältnisse kommen jedoch erst klar zum Ausdruck, wenn der Chlorophyllgehalt auf das Einheitsmaß einer Zelle, oder — weil die Größe einer Zelle veränderlich ist —, besser noch auf ein Einheitszellvolumen von 1 mm³ zurückbezogen wird (Tab. 2). Die Zahlen lassen erkennen, daß sich in den Calciumnitrat enthaltenden Kulturen der Chlorophyllgehalt in einer Zelle oder im Standardvolumen viel weniger veränderte als im calciumchloridhaltigen Medium. Die Mangelerscheinungen, die zunächst keinen Ausdruck in der Zellproduktion fanden, zeigten sich sehr bald im geringeren Chlorophyllgehalt des Algenmaterials und im kleineren mittleren Zellvolumen. Auch im Trockengewicht erweist sich der Chlorophyllabbau in Nährlösung III.

Die Mangelzellen wirkten optisch ausgeblaßt; die Chloroplasten waren weitgehend zurückgebildet. Wurden diese Diatomeen in frische Stammnährlösung überführt, setzten erneut Wachstum und Chlorophyllbildung ein.

Der Versuch ist nicht weiter ausgedehnt worden, weil nur beabsichtigt war, festzustellen, daß die Chlorophyllmenge durch das Nährmilieu beeinflußbar ist, was aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht.

Die Bedingungen der nächsten Versuchsserie mit *Diatoma* entsprachen — bis auf die Temperatur, die auf 8 °C gesenkt wurde — denen des vorhergehenden Kulturversuches. Nach Huber-Pestalozzi (1942) tritt *Diatoma elongatum* als Frühjahrsform bei Temperaturen zwischen 4 °C und 10 °C auf. Danach wäre ein gutes Wachstum bei 8 °C zu erwarten gewesen.

Utermöhl (1925) fand in den Plöner Seen auch in den Sommermonaten noch zahlreiche Ketten dieser Diatomee. Aus Sommerplanktonfängen vom Kleinen Plöner See stammten die isolierten Zellen, die zu der verwendeten *Diatoma*-Monokultur führten.

Die Zellteilung verlief bei 8 °C langsamer als bei 15 °C (Abb. 2 und 3). Sie hielt allerdings bei 8 °C in allen drei Kulturreihen bis zum letzten Kulturtag an. Im nitratarmen, chloridhaltigen Medium war die Teilungsfrequenz auch diesmal anfangs wieder größer als in den nitratreichen Nährlösungen. Während das Gesamtalgenvolumen in der Suspensionseinheit in den Kulturreihen I und II etwa im gleichen Maße zunahm wie die Inidviduenzahl, war das in der Nährlösungsreihe III bald nicht mehr der Fall. Der Chlorophyllabbau in den *Diatoma*-Zellen aus der Nährlösungsreihe III trat schon vom 2. Versuchsabschnitt an hervor.

Auch der Chlorophyllgehalt in einer Zelle wie der im Standardvolumen von 1 mm³ erreichte die im vorangegangenen Versuch festgestellten Werte nicht (Tab. 3). Im nitratarmen, chloridhaltigen Milieu enthielt *Diatoma* am Ende der Versuchszeit nur ein Drittel an Chlorophyll im Vergleich mit den Algen der Kulturreihen I und II.

Die Trockensubstanz konnte von dieser Versuchsserie nur von einigen Proben bestimmt werden. Aus den wenigen Werten sei immerhin gefolgert, daß auch die Chlorophyllarmut des Algenmaterials aus der Nährlösungsreihe III mit Bezug auf das Trockengewicht hervortrat.

Tabelle 2. Zellvolum-, Chlorophyll- und Trockengewichtswerte von *Diatoma elongatum* im Kulturversuch bei 15 °C

Kultur-tage	Volumen einer Zelle (μ^3)			γ Chlorophyll in einer Zelle ($\times 10^{-6}$)			γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen			% Chlorophyll am Trockengewicht			γ Trockengewicht einer Zelle ($\times 10^{-4}$)		
	I [1])	II [1])	III [1])	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
3	1225	1185	1097	4,4	4,9	3,7	3,6	4,1	3,4	—	—	—	—	—	—
5	1214	1168	959	4,3	3,9	2,9	3,5	3,4	3,0	1,04	1,03	0,95	4,0	3,9	3,1
7	1157	1144	984	3,5	3,9	1,5	3,0	3,3	1,5	1,01	1,15	0,48	3,6	3,2	3,0
9	1116	1073	937	(3,8)	3,6	1,6	(3,4)	3,3	1,7	(1,2)	1,3	0,43	3,2	2,9	3,7
11	(1135) [2])	(1109) [2])	987	(4,2)	(3,9)	1,2	(3,7)	(3,5)	1,2	(1,2)	(1,4)	0,3	(3,4)	(2,9)	3,9

[1]) I, II u. III bezeichnen die Nährlösungsreihen
[2]) ( ) Zahlen in Klammern sind Einzelwerte

Tabelle 3. Zellvolum-, Chlorophyll- und Trockengewichtswerte von *Diatoma elongatum* im Kulturversuch bei 8 °C

Kultur-tage	Volumen einer Zelle (μ^3)			γ Chlorophyll in einer Zelle ($\times 10^{-6}$)			γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen			% Chlorophyll am Trockengewicht			γ Trockengewicht einer Zelle ($\times 10^{-4}$)		
	I [1])	II [1])	III [1])	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
3	1241	1232	1103	3,3	3,2	2,9	2,6	2,6	2,6	—	—	—	—	—	—
5	1218	1192	1003	3,0	3,2	1,8	2,3	2,6	2,0	—	—	—	—	—	—
7	1183	1137	951	2,9	3,2	(1,4)	2,4	2,8	2,8	0,68	0,78	—	4,2	4,0	—
9	1156	1177	993	3,9	3,5	1,7	3,4	3,0	1,6	1,0	1,3	(0,82)	3,8	2,7	(2,3)
11	(1193) [2])	(1145)	913	(3,5)	(3,5)	(0,95)	(3,1)	(3,1)	(1,0)	(1,4)	(1,5)	(0,36)	(2,6)	(2,4)	(2,6)

[1]) I, II u. III bezeichnen die Nährlösungsreihen
[2]) ( ) Zahlen in Klammern sind Einzelwerte

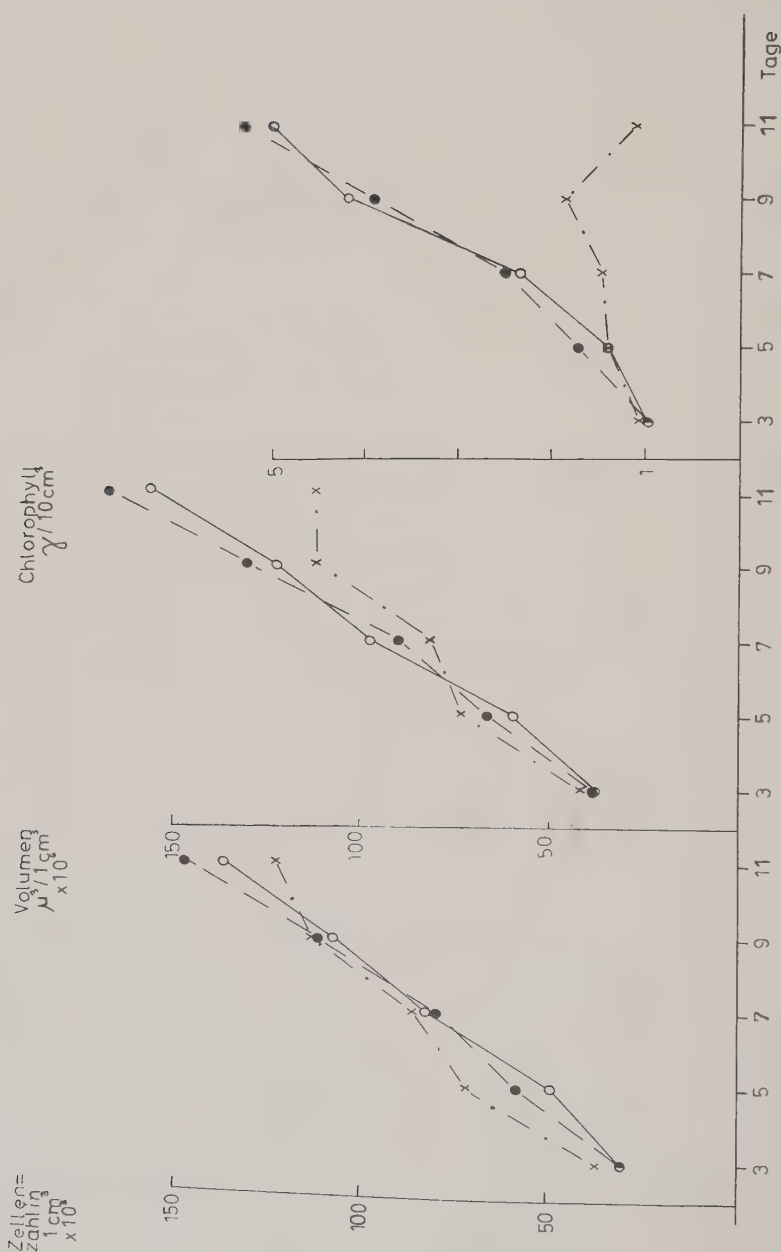


Abb. 3. Zellvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt im Verlauf des Kulturversuchs mit *Diatoma elongatum* bei 8 °C. ∘ —— ∘ Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II; × — · — · — × Nährlösungsreihe III

Einen Einblick in die Verteilung der Zellgrößen innerhalb der verschiedenen Kulturreihen vermitteln die der Volumberechnung zugrunde gelegten Maße von Länge und Höhe der Diatomeen.

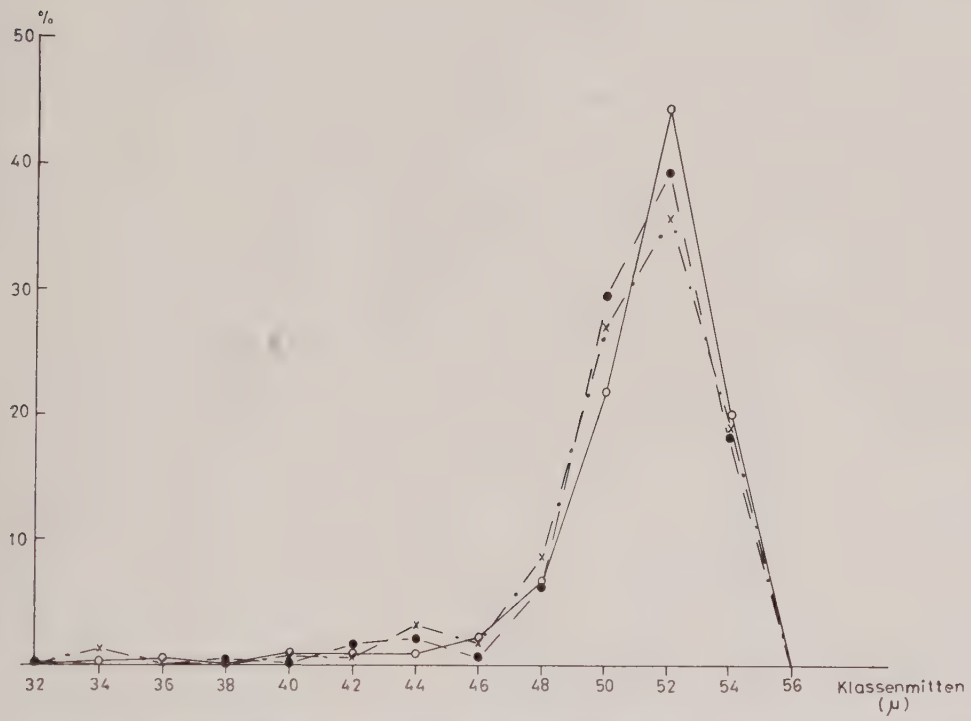


Abb. 4. Prozentuale Verteilung der Apikalachsen-Klassenmitten von *Diatoma elongatum* (Versuch bei 15 °C). o —— o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II; × — · — · — × Nährlösungsreihe III

Das Volumen von *Diatoma elongatum* ist als Quader berechnet worden, von dem $^1/_{20}$ des Gesamtvolumens abgezogen wurde (Berechnungsart aus Versuchen mit Plastilinmodellen abgeleitet). Für Zellänge und -höhe konnte von den jeweiligen Parallelproben je ein Mittelwert gebildet werden. Aus technischen Gründen ließ sich aber nur eine mittlere Schalenbreite für jede Nährlösungsreihe ermitteln. Von sich teilenden Zellen, bei denen schon Zellwandbildungen zu erkennen waren, wurden keine Maße genommen.

Im ersten Serienversuch mit den drei Kulturreihen wiesen die Zellängen nicht nur in allen drei Nährmedien etwa die gleiche Variationsbreite auf, auch die Verteilung der Zellen gleicher Längen ließ keine bedeutenden Unterschiede erkennen (Abb. 4). Die mittlere Länge der Zellen betrug in Nährlösung I 50,68 $\mu \pm$ 2,66, in Nährlösung II 50,49 $\mu \pm$ 2,66 und in Nährlösung III 50,50 $\mu \pm$ 3,15 (Mittelwerte aus je 450 Messungen).

Ein ganz anderes Bild bietet dagegen die Betrachtung der Zellhöhe (Abb. 5). Hier kommt zum Ausdruck, was der Blick ins Mikroskop ohne weiteres erkennen

ließ: die Zellen waren in der calciumchloridhaltigen, nitratarmen Nährlösung durchschnittlich flacher als in den nitratreichen Kulturreihen. Die (aus je 450 Messungen errechnete) mittlere Pervalvarachsenlänge betrug für die Zellen aus Nährlösung I 4,88 $\mu \pm 0{,}83$, für die aus Nährlösung II 4,76 $\mu \pm 0{,}80$ und für die Zellen aus Nähr-

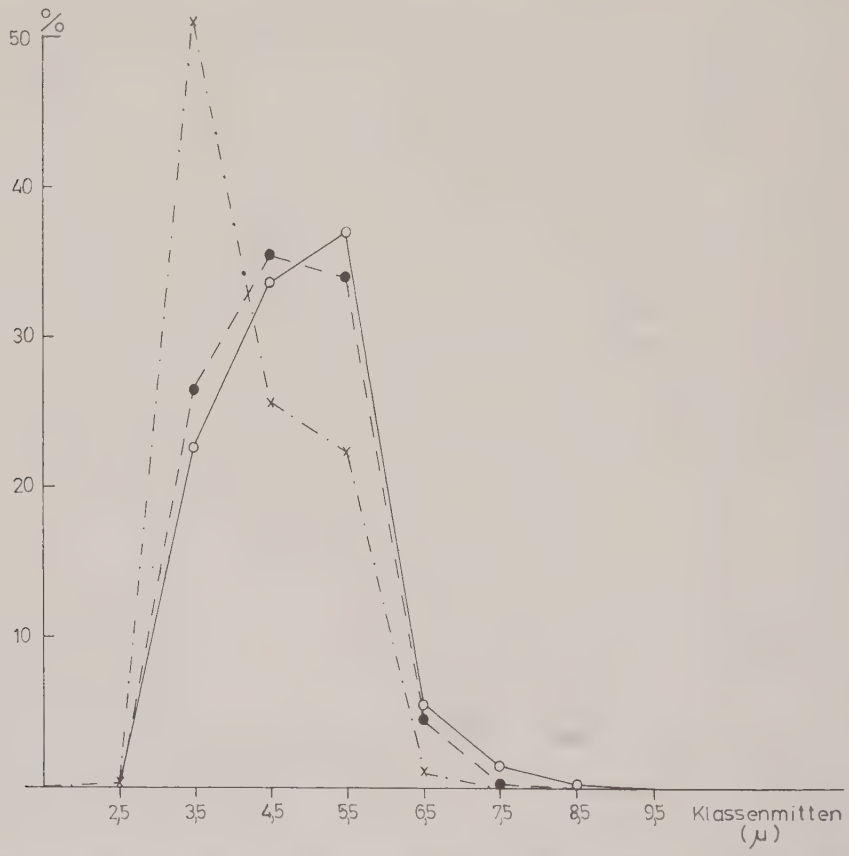


Abb. 5. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Diatoma elongatum* (Versuch bei 15 °C). ∘ —— ∘ Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II; × — · — · — × Nährlösungsreihe III

lösung III 4,36 $\mu \pm 0{,}75$. Die Variationsbreite der Pervalvarachsenlänge und die Häufigkeitsverteilung der Zellen gleicher Höhe entsprachen in den nitratreichen Medien einander weitgehend. In Nährlösung III wurden die in den Nährlösungen I und II gemessenen Maximalhöhen von 7,0 μ und 8,2 μ nicht gefunden, dafür aber ein auffällig hoher Prozentsatz von Zellen mit verhältnismäßig geringer Pervalvarachsenlänge. Zellen mit einer Pervalvarhöhe von mehr als 5,5 μ waren in den nitratreichen Kulturen bis zum Versuchsende zu finden. Unter den aus der Nährlösungsreihe III ausgemessenen Zellen fanden sich dagegen nach dem 3. Versuchstag nur noch zwei Exemplare, die höher als 5,5 μ waren.

Im Verlauf des Versuchs wiesen die Zellen in Nährlösung II allgemein etwas geringere Zellhöhen auf als die in Nährlösung I. Die mittleren Pervalvarhöhen der Zellen aus Nährlösung III waren in den ersten Kulturtagen zwar nur in geringem

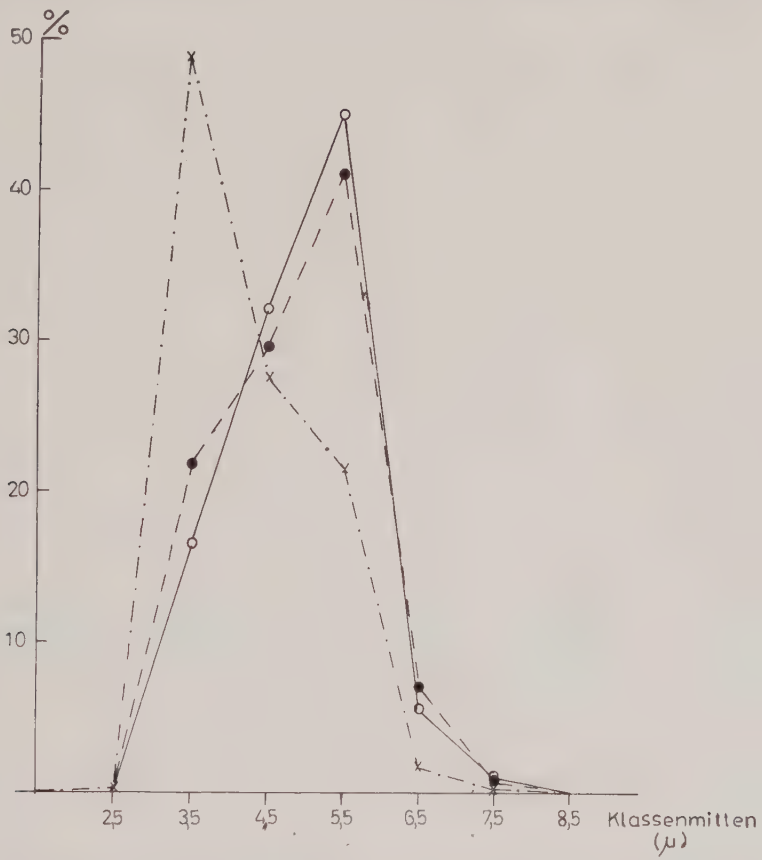


Abb. 6. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Diatoma elongatum* (Versuch bei 8 °C). o —— o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II; × — · — · — × Nährlösungsreihe III

Maße, später aber beträchtlich kleiner als die der Zellen in den nitratreichen Nährlösungsreihen. Diese Unterschiede in der mittleren Höhe der *Diatoma*-Zellen können nur als ernährungsbedingt angesehen werden. Unterstützt wird diese Schlußfolgerung durch das Trockengewicht der Zellen (Tab. 2). Die Gewichtszunahme der *Diatoma*-Mangelzellen zum Ende der Versuchszeit hin mag auf Reservestoffbildung zurückzuführen sein.

Die Häufigkeitsverteilung der Zellängen im Versuch, der bei 8 °C durchgeführt wurde, war praktisch die gleiche wie im zuvor besprochenen Versuch. Mehr als 40% der je 450 ausgemessenen Zellen aus den einzelnen Nährlösungsreihen gehörten der

gleichen Größenklasse an. Als mittlere Längen wurden für die Zellen aus Nährlösungsreihe I 50,43 $\mu \pm$ 2,5, für die aus Nährlösungsreihe II 50,15 $\mu \pm$ 2,9 und für die der Nährlösungsreihe III 50,08 $\mu \pm$ 2,7 berechnet. Die Häufigkeitspolygone der Zellhöhe (Abb. 6) glichen auch denen des vorhergehenden Versuches. D. h. die Pervalvarachsenlängen der Zellen aus den nitratreichen Kulturreihen zeigten in der Verteilung der Größenklassen weitgehende Übereinstimmung, während die meisten Zellen aus Nährlösung III Pervalvarachsen niedrigerer Größenklassen aufwiesen. Die mittlere Höhe der Zellen wurde aus Nährlösung I zu 4,98 $\mu \pm$ 0,8, aus Nährlösung II zu 4,62 $\mu \pm$ 0,88 und aus Nährlösung III zu 4,35 $\mu \pm$ 0,76 berechnet. Zellen, die über 5,5 μ hoch waren, lagen in der Kulturreihe III (bis auf ganz vereinzelte Exemplare) nur bis zum 5. Kulturtag vor, während in den beiden anderen Nährlösungsreihen noch bis zum letzten Kulturtag derart hohe Zellen vorhanden waren.

Einige *Diatoma*-Mangelzellen, die den Versuchsbedingungen 9 Tage ausgesetzt waren, wurden danach in frische Stammnährlösung gebracht. Nach 8 Tagen maß die mittlere Länge der frisch pigmentierten Zellen 49,2 μ gegenüber einem Ausgangswert von 49,7 μ. Die mittlere Höhe betrug jetzt allerdings 5,4 μ, während die Mangelzellen nur eine mittlere Pervalvarachsenlänge von 4,2 μ aufgewiesen hatten.

Diese Beziehungen zwischen den Zellmaßen und dem Nährmilieu gelten für die gegebenen Versuchsbedingungen. *Diatoma elongatum* muß nicht unter ungünstigen Lebensbedingungen flache Zellen ausbilden. Das zeigte sich beim Ausmessen der Höhe (und Länge) von Zellen aus einer alten Stammkultur, deren Nährlösung innerhalb von 10 Wochen nicht gewechselt wurde. Die mittlere Höhe dieser Zellen betrug 5,3 μ (ihre mittlere Länge allerdings nur 37,8 μ).

Hervorzuheben ist noch, daß *Diatoma* — sowohl bei 15 °C wie bei 8 °C — nur im nitratarmen, chloridhaltigen Medium typische Kettenkolonien ausbildete. In den nitratreichen Kulturreihen kamen höchstens kurze Kettenstücken vor, zumeist aber entstanden drei- oder viergliedrige Sterne. Es kann demnach in den geschilderten Versuchen die Kolonieform nicht — wie bei Huber-Pestalozzi (1942) referiert — durch die Wassertemperatur, sondern sie muß durch den Ernährungsfaktor bedingt worden sein. Die abweichenden Kolonieformen wurden in beiden Versuchsserien erst bei der Untersuchung der 5 Tage alten Kulturen beobachtet, also zu der Zeit, als sich der Chlorophyllabbau in der Kulturreihe III schon bemerkbar machte.

b) *Stephanodiscus Hantzschii*

Stephanodiscus Hantzschii stammte wie *Diatoma* aus den Plöner Seen. Kultiviert wurde diese Diatomee ebenfalls in der Nährlösung Nr. 10 von Chu mit ÄDTE-Eisen anstelle von $FeCl_3$.

Die Versuchsanordnung war die gleiche, wie bei den *Diatoma*-Kulturserien beschrieben. Die Photothermostatenbad-Temperatur wurde hierbei nicht variiert; sie betrug in den im folgenden zu besprechenden Versuchen mit *Stephanodiscus* 15 °C.

In der ersten Kulturserie sind Wachstum, Volumen, Chlorophyllgehalt und Trockengewicht in den Nährlösungen I und II bei 6000 Lux verfolgt worden. Es zeigte sich, daß der Chlorophyllwert einer Zelle bzw. einer Zellvolumeinheit in der gleichen Größenordnung lag wie bei *Diatoma* (Tab. 4). Auch bei *Stephanodiscus* traten im Verlauf der Versuchszeit Schwankungen im Chlorophyllgehalt auf; sie verliefen innerhalb der beiden Nährlösungsreihen unabhängig voneinander. Aus-

gesprochene Mangelerscheinungen waren nicht bemerkbar. Der prozentuale Chlorophyllanteil am Trockengewicht entsprach auch größenordnungsmäßig den für *Diatoma* ermittelten Werten. Das Trockengewicht einer einzelnen *Stephanodiscus*-Zelle war kleiner als das einer *Diatoma*-Zelle, was ungefähr den Volumverhältnissen gleichkam.

Tabelle 4. Zellvolum-, Chlorophyll- und Trockengewichtswerte von *Stephanodiscus Hantzschii* im Kulturversuch bei 6000 Lux

Kulturtage	Volumen einer Zelle (μ^3)		γ Chlorophyll in einer Zelle ($\times 10^{-6}$)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		% Chlorophyll am Trockengewicht		γ Trockengewicht einer Zelle ($\times 10^{-4}$)	
	I [1])	II [1])	I	II	I	II	I	II	I	II
3	1101	1070	3,75	4,70	3,5	4,4	—	—	—	—
5	1070	983	2,95	2,45	2,7	2,5	—	—	—	—
7	978	897	2,80	2,75	2,8	3,1	1	1	2,85	2,8
9	914	864	2,75	3,20	3,0	3,6	(1,3) [2])	1,3	(2,3)	2,5
10	939	898	2,85	2,65	3,0	3,0	(1,5) [2])	1,4	(1,7)	1,9
11	906	846	3,40	2,50	3,8	2,9	1,45	(1,4)	2,35	(1,8)

[1]) I u. II bezeichnen die Nährlösungsreihen
[2]) ( ) Zahlen in Klammern sind Einzelwerte

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde die nächste Kulturserie mit *Stephanodiscus* mit stärker voneinander abweichenden Nährlösungen durchgeführt: Nährlösungen II und III und eine Nährlösung, die an Stelle von $Ca(NO_3)_2$ bzw. $CaCl_2$ 18 mg $CaSO_4$/l (IV) enthielt. Die Photothermostatenbad-Temperatur betrug wieder 15 °C. Die Beleuchtung wurde auf 8000 Lux erhöht.

Das Trockengewicht konnte nicht bestimmt werden, weil wegen zu geringer Chlorophyllausbildung in den Mangelreihen das gesamte Algenmaterial zur Pigmentbestimmung benötigt wurde.

Abb. 7 läßt erkennen, daß keine vollständige Korrelation zwischen Zellenzahl, Gesamtvolumen und Chlorophyllgehalt vorlag. Der in Nährlösung III bei *Diatoma* hervorgerufene Vermehrungseffekt trat bei *Stephanodiscus Hantzschii* nicht auf. Die Zellteilung war im Vergleich mit der Vermehrungsleistung der Zellen in Nährlösung II gehemmt. Noch geringere Zellenzahlen lagen in Nährlösung IV vor. In dieser Kulturreihe war das Algenmaterial so chlorophyllarm, daß der Pigmentgehalt von 70 cm³ Suspension mit dem „Leifo" nicht mehr erfaßt werden konnte. Daß *Stephanodiscus* in dieser Nährlösung trotzdem noch lebensfähig war, ließ sich durch Überführung der Zellen in frische, nitrathaltige Kulturlösung, in der sich die Diatomeen gut entwickelten und neu pigmentierten, beweisen.

In Nährlösung III nahm der Chlorophyllgehalt der Stephanodiscen auch so stark ab, daß nach dem 11. Kulturtag von den 70 cm³ Algenkultur kein Pigmentwert mehr zu bestimmen war. In diesem Fall führte Nährstoffzufuhr ebenfalls zu neuem Wachstum und erneuter Pigmentbildung.

Im Vergleich zu den Chlorophyllwerten von *Stephanodiscus*-Zellen aus Nährlösung II im zuvor geschilderten Versuch enthielten die Zellen bei 8000 Lux gegen

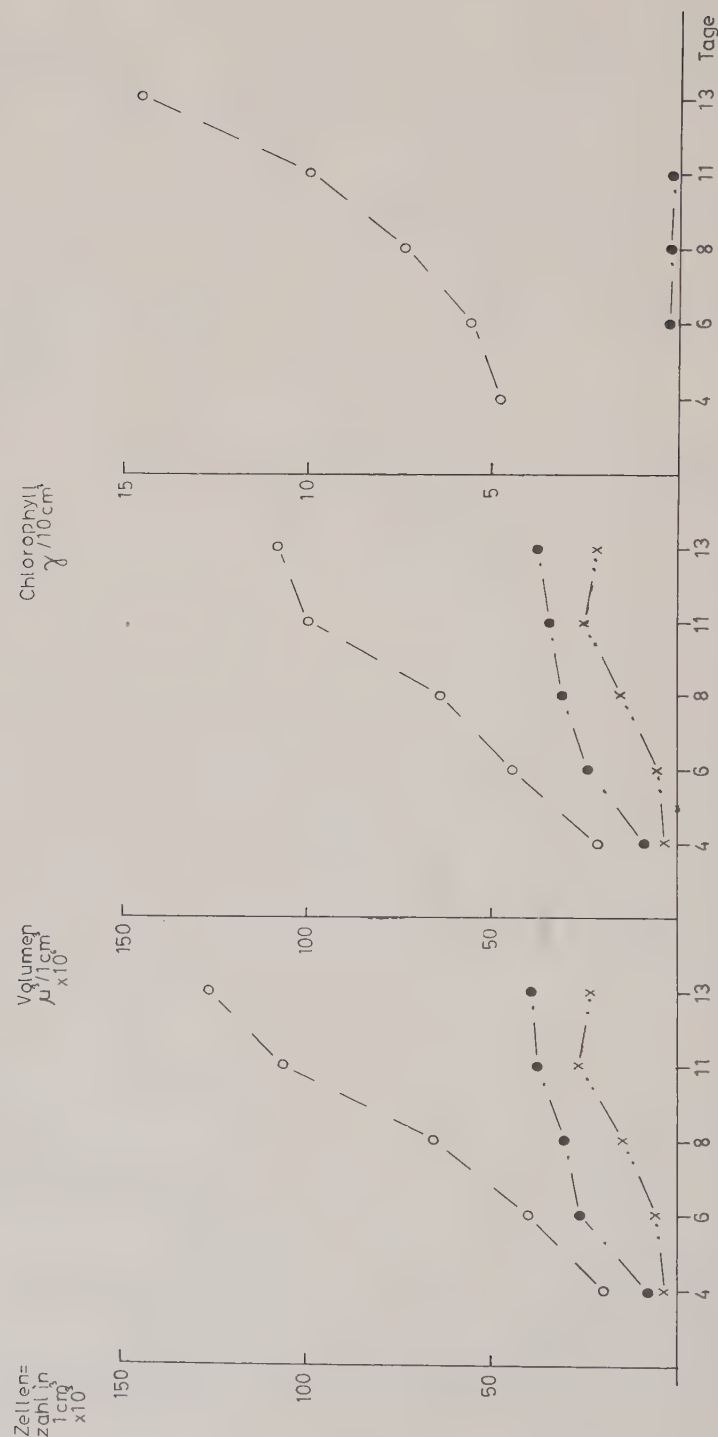


Abb. 7. Zellvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt im Verlauf des Kulturversuchs mit *Stephanodiscus Hantzschii* bei 8000 Lux. o — — — o Nährlösungsreihe II; · — · — · — · Nährlösungsreihe III; × — · · — · · — × Nährlösungsreihe IV

Ende der Versuchszeit etwas weniger Chlorophyll (Tab. 5). Ob das Licht hier die Ursache zu den Unterschieden im Pigmentgehalt bildete, muß dahingestellt bleiben. Das Impfmaterial war zwar in den beiden Kulturversuchen gleich alt, aber die Ausgangszellenzahlen und die Nährlösungen der Stammkulturen waren nicht ganz die gleichen. Die Tatsache, daß Algen bei höheren Lichtintensitäten weniger Chlorophyll ausbilden als bei schwächerer Beleuchtung, legt die Vermutung nahe, daß die vorliegenden Befunde damit in Zusammenhang stehen könnten.

Tabelle 5. Zellvolum- und Chlorophyllwerte von *Stephanodiscus Hantzschii* im Kulturversuch bei 8000 Lux

Kultur-tage	Volumen einer Zelle (μ^3)			γ Chlorophyll in einer Zelle ($\times 10^{-6}$)			γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		
	II [1])	III [1])	IV [1])	II	III	IV	II	III	IV
4	1007	—	—	4,90	—	—	4,8	—	—
6	1099	946	896	2,75	1,85	—	2,5	1,9	—
8	983	1036	847	2,25	1,40	—	2,3	1,4	—
11	944	921	818	1,95	0,79	—	2,0	0,88	—
13	866	(962) [2])	(897) [2])	2,30	—	—	2,7	—	—

[1]) II, III u. IV bezeichnen die Nährlösungsreihen
[2]) ( ) Zahlen in Klammern sind Einzelwerte

Wenn auch das Wachstum von *Stephanodiscus* in Nährlösung III ausgesprochen schlecht war, so fand doch noch Vermehrung statt. Der Chlorophyllabbau machte sich genau so stark bemerkbar wie bei *Diatoma*. Der niedrigste noch feststellbare Pigmentgehalt betrug 18% in bezug auf den höchsten in dieser Versuchsserie gefundenen Chlorophyllwert in 1 mm³ Zellvolumen.

Im ersten Versuch mit *Stephanodiscus* wiesen die Zellen beider Nährlösungsreihen (I u. II) ungefähr die gleiche Häufigkeitsverteilung der Zelldurchmesser im Verlauf des Kulturversuches auf. Bei den Pervalvarachsenlängen (Abb. 8) fiel demgegenüber auf, daß in der nitratreichsten Kulturreihe mehr hohe und weniger flache Zellen vorhanden waren als in der Nährlösungsreihe mit nur 18 mg $Ca(NO_3)_2$/l. Die mittlere Höhe errechnete sich für die Zellen aus Nährlösung I zu 10,3 μ, für die aus Nährlösung II zu 9,97 μ (Mittelwerte aus je 360 Messungen). Die mittleren Zellvolumina waren übrigens vom 1. Versuchsabschnitt an in Kulturreihe I etwas größer als in Kulturreihe II.

Die Häufigkeitsverteilung für Durchmesser (Abb. 9) und Höhe (Abb. 10) der *Stephanodiscus*-Zellen aus der 2. Versuchsserie zeigten im Prinzip die gleiche Verteilungstendenz, wie sie auch bei *Diatoma*-Zellen angetroffen wurde. Die Zelldurchmesser (die mit den Zellängen von *Diatoma* zu vergleichen sind) unterschieden sich in den drei Nährmedien kaum voneinander. Etwa 70% (350 Messungen je Kulturreihe) gehörten ein und derselben Größenklasse an. Wiederum kamen in den Nährlösungen ohne Calciumnitrat eine Anzahl von Zellen mit kleinerem Durchmesser als in der calciumnitratreichen Kulturreihe vor, aber auch weniger Zellen mit größtem Durchmesser. Der mittlere Durchmesser der Zellen betrug in Nährlösung II 11,01 μ $\pm$ 0,83, in Nährlösung III 10,83 μ $\pm$ 0,82 und in Nährlösung IV 10,65 μ $\pm$ 0,96.

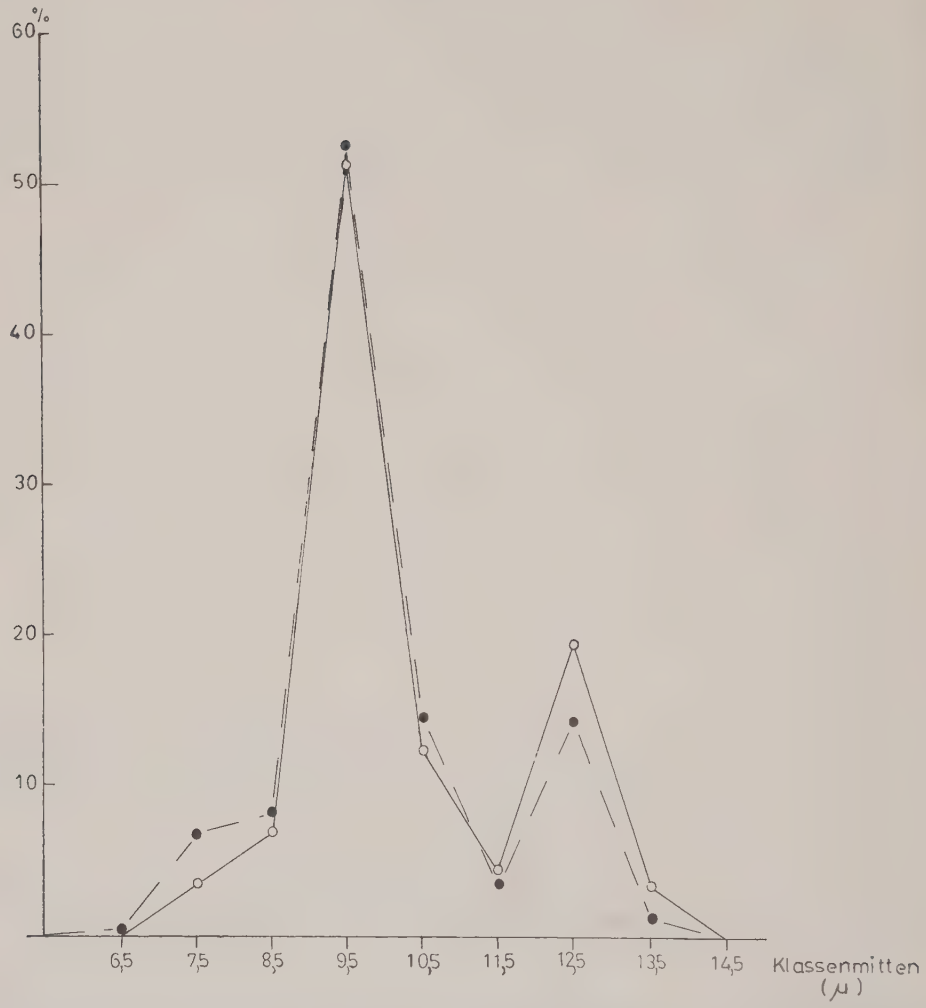


Abb. 8. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Stephanodiscus Hantzschii* (Versuch bei 6000 Lux). o —— o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II

Bei *Stephanodiscus* beruhten die Unterschiede im Zellvolumen auch auf der Plastizität der Pervalvarachse. Am eindeutigsten zeigte sich das an Zellen aus der Nährlösungsreihe IV. Darin traten verhältnismäßig viele flache Zellen auf, und so wich dann die Klassengrößen-Verteilung der Zellhöhe von der des Algenmaterials aus den anderen beiden Kulturreihen ab. Nährlösung III, die bei *Diatoma* einen recht eindeutigen Einfluß auf die Pervalvarachsenlänge im Vergleich mit den Zellen der calciumnitrathaltigen Kulturen ausgeübt hatte, wirkte bei *Stephanodiscus* nicht in gleicher Weise ein. Die mittlere Höhe errechnete sich für die Zellen aus Nährlösung II zu 10,64 $\mu \pm$ 1,5, aus Nährlösung III zu 10,49 $\mu \pm$ 1,48 und für die Zellen aus Nährlösung IV zu 9,7 $\mu \pm$ 1,34.

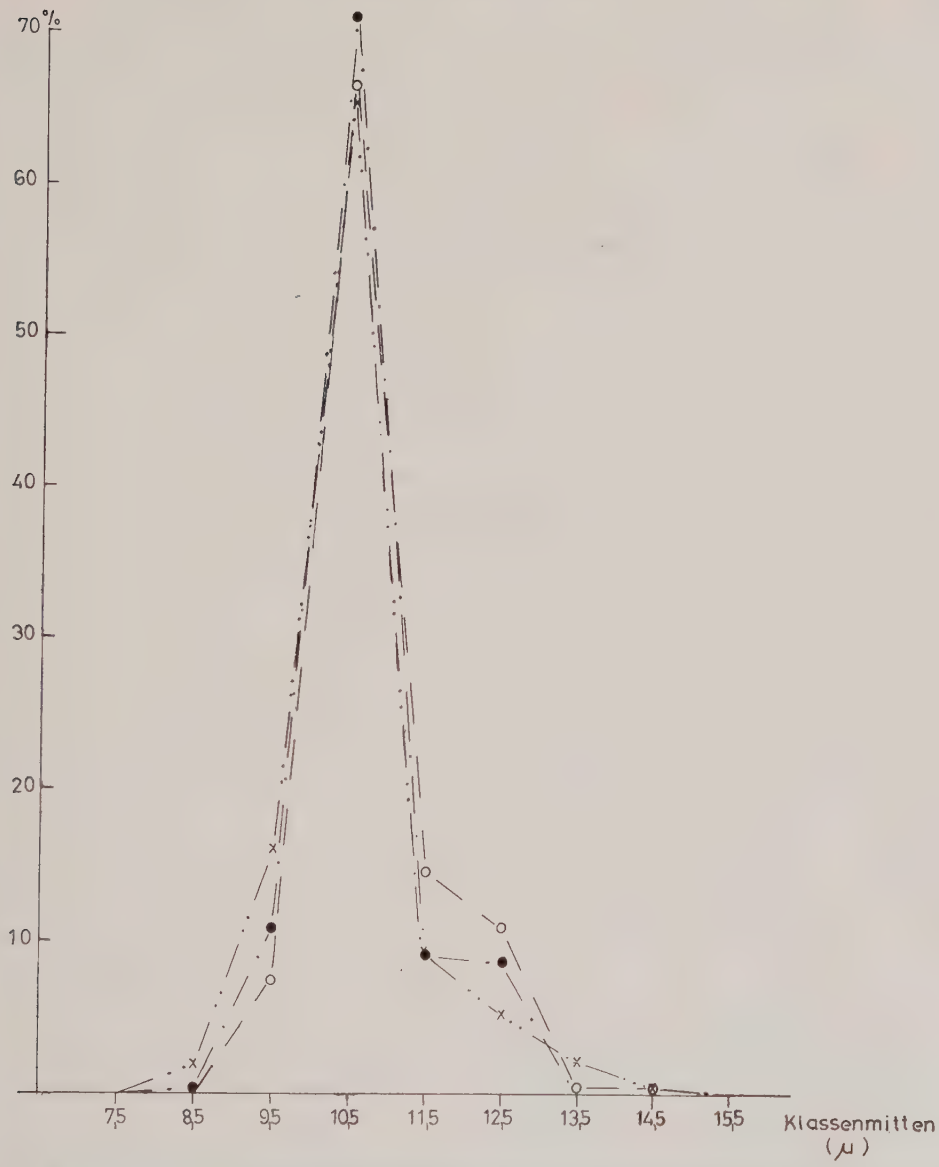


Abb. 9. Prozentuale Verteilung der Durchmesser-Klassenmitten von *Stephanodiscus Hantzschii* (Versuch bei 8000 Lux). o — — — o Nährlösungsreihe II; • — · — · — · Nährlösungsreihe III; × — · · — · · — × Nährlösungsreihe IV

Die Verteilung der Zellen mit Pervalvarachsen gleicher Klassenmitten ließ erkennen, daß innerhalb der einzelnen Kulturreihen im Verlauf der Versuchszeit keine grundsätzlichen Abweichungen von der gleich in den ersten Tagen des Kulturversuchs verzeichneten Verteilungsweise auftraten. Bis zum Versuchsende waren

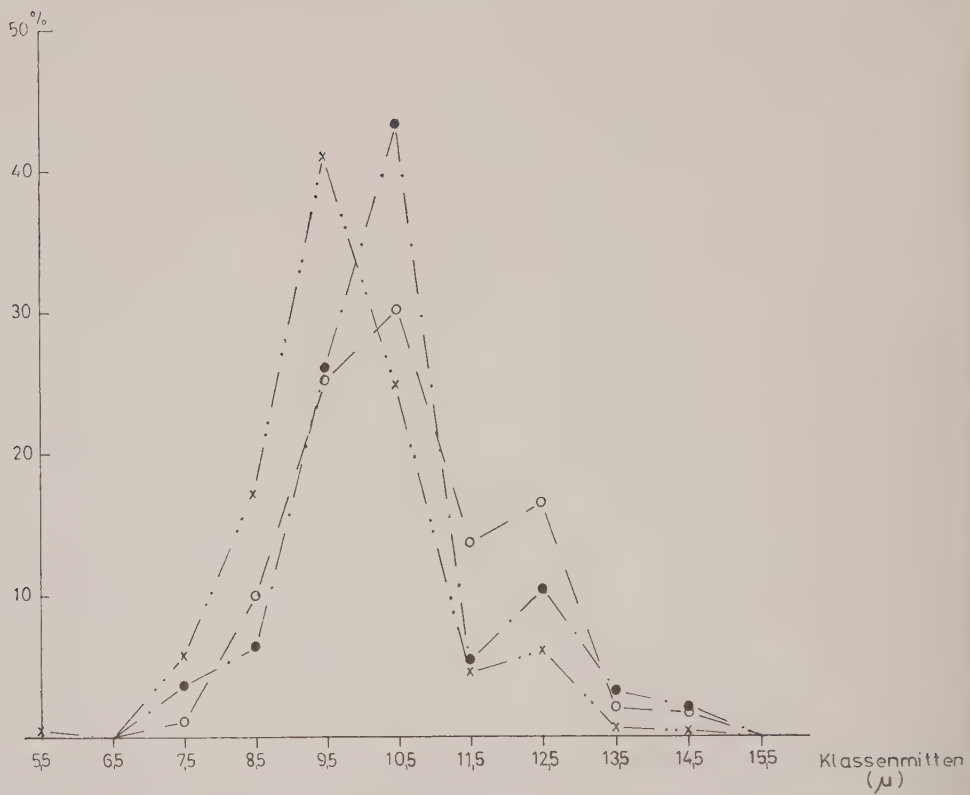


Abb. 10. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Stephanodiscus Hantzschii* (Versuch bei 8000 Lux). o — — — o Nährlösungsreihe II; · — · — · — · Nährlösungsreihe III; × — · · — · · — × Nährlösungsreihe IV

in den Nährlösungen II und III noch verhältnismäßig hohe Zellen vorhanden. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß eine Vergrößerung der Zelle nicht ursächlich mit guten Ernährungsbedingungen gekoppelt sein muß. Zellvergrößerungen bei Nahrungsmangel sind bekannt, worauf später noch hingewiesen wird.

Algenmaterial, das nach dem 11. Versuchstag aus der Kulturreihe IV in frische nitrathaltige Nährlösung gebracht wurde und sich dort gut vermehrte und pigmentierte, wies nach 5 Tagen eine mittlere Pervalvarachsenlänge (berechnet aus 50 Messungen) von 11,76 μ auf. Die Ausgangszellen hatten eine mittlere Höhe von 9,85 μ besessen. Der mittlere Zelldurchmesser der in neuer Nährlösung gewachsenen Zellen betrug 10,58 μ, während das Ausgangsmaterial einen mittleren Durchmesser von 10,43 μ aufgewiesen hatte. Ähnliche Zellvergrößerungen in frischer Stammnährlösung waren immerhin auch bei den Stephanodiscen aus der Kulturreihe III festzustellen.

Von *Stephanodiscus* sind ebenfalls die mittleren Zellmaße von Algenmaterial aus einer alten Stammkultur bestimmt worden. Genau wie bei *Diatoma* war der mittlere Durchmesser (= Apikalachse bei *Diatoma*) wesentlich kürzer, während die Zellhöhe im Mittel kaum von der Höhe der Zellen aus den Kulturversuchen abwich.

Diese Serienversuche mit *Stephanodiscus* zeigten also auch, daß sowohl das Zellvolumen wie der Chlorophyllgehalt einer Algenart den Umwelteinflüssen entsprechend nicht unwesentlich zu variieren vermögen.

c) *Diatoma elongatum* und *Stephanodiscus Hantzschii* in Mischkultur

Um zu sehen, ob in einer Mischkultur die Chororphyllwerte im Standardzellvolumen und prozentanteilig am Trockengewicht die gleichen sind wie in den Monokulturen, ist eine Versuchsserie mit *Diatoma* und *Stephanodiscus* in Mischkultur angesetzt worden.

Die Versuchsanordnung war wiederum die gleiche wie bei den zuvor geschilderten Versuchen. Die Photothermostatenbad-Temperatur betrug 15 °C, die Lichtintensität 6000 Lux.

Die Vermehrung führte in Nährlösung I im großen und ganzen zu etwas höheren Zellenzahlen als in Nährlösung II (Abb. 11). Wenn in den Kulturen 150000 bis 200000 Zellen/cm³ vorlagen, wurde die Vermehrung weitgehend eingestellt, wie auch schon im Verlauf der vorhergehenden Versuche zu beobachten war.

Verfolgt man die Entwicklung von *Stephanodiscus* und *Diatoma* getrennt voneinander, dann stellt sich heraus, daß sie innerhalb der Kulturzeit in der Mischkultur anders verläuft als in den Versuchen mit Monokulturen. Während der ersten 7 Kulturtage wuchsen *Stephanodiscus* und *Diatoma* in beiden Nährlösungen so gut wie gleichmäßig. Danach traten dann stärkere Wachstumsabweichungen auf, wie sie zwar bei *Stephanodiscus* in ähnlicher Weise schon in den Monokulturen festgestellt werden konnten, nicht aber bei *Diatoma*. Im Gegensatz zu *Stephanodiscus*-Zellen, die sich in Nährlösung I stärker vermehrten als in Nährlösung II, hatte sich *Diatoma* in den Monokulturen in beiden Nährlösungen fast gleichmäßig vermehrt. In der Mischkultur wurden aber in Nährlösung II in den letzten Versuchstagen mehr *Diatoma*-Zellen gebildet als in Nährlösung I. In der Kulturreihe II, in der *Stephanodiscus* nach dem 7. Kulturtag nicht mehr so gute Wachstumsbedingungen fand, konnte sich also *Diatoma* etwas besser entwickeln als in der Nährlösungsreihe I, in der für *Stephanodiscus* die günstigeren Lebensbedingungen herrschten. In Gegenwart von *Stephanodiscus* scheint das Wachstum von *Diatoma* allgemein etwas gehemmt gewesen zu sein, denn es kam nicht zu der gleichen Zellproduktion wie in den Monokulturen.

Die Individuenzunahme war zwischen dem letzten und vorletzten Versuchsabschnitt in Nährlösung I nicht mehr von einer Volumzunahme begleitet.

Das Algenmaterial in der Mischkultur war chlorophyllhaltiger als in den Monokulturen (Tab. 6). Eine Erklärung kann dafür bisher nicht gegeben werden. Auch in der Mischkultur machte sich in diesen beiden Nährlösungsreihen innerhalb der Versuchszeit keine Nährstofferschöpfung bemerkbar.

Weil die Algenmenge der ersten Kulturtage zur Chlorophyllextraktion benötigt wurde, konnte die Trockensubstanz erst vom 8. Versuchstag an bestimmt werden. Die Trockengewichte des Mischkulturmaterials lagen in der gleichen Größenordnung wie die für *Diatoma* und *Stephanodiscus* in Monokulturen ermittelten Trockengewichte. Der höhere Chlorophyllgehalt der Algen kam auch prozentanteilig an der Trockensubstanz zum Ausdruck.

Die Untersuchungsergebnisse dieser Mischkulturserie machen es wahrscheinlich, daß Allelopathie bei den Algen nicht nur das Wachstum steuert, sondern auch auf die Pigmentbildung Einfluß ausübt.

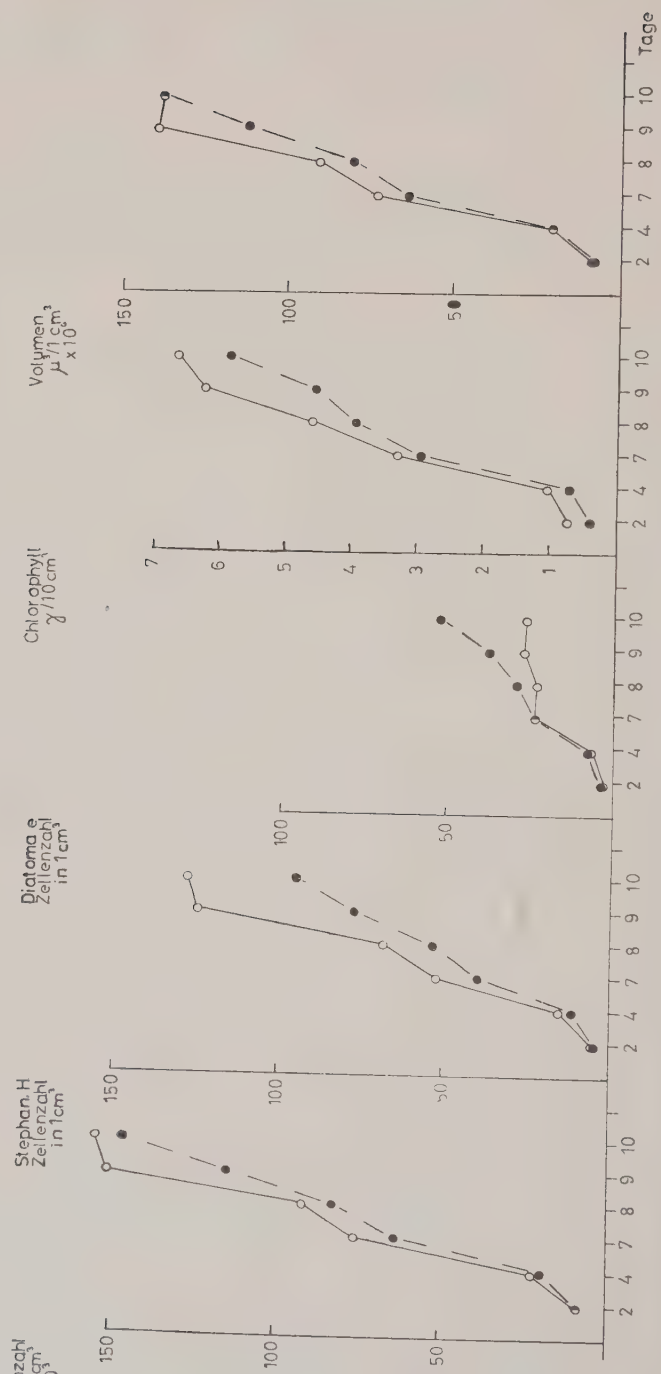


Abb. 11. Zellvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt im Verlauf des Kulturversuchs mit *Diatoma elongatum* + *Stephanodiscus Hantzschii*. o — o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II

Die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Zellängen bzw. Zelldurchmesser wies im Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen der anderen Kulturversuche keine Besonderheiten auf.

Tabelle 6. Zellvolum- und Chlorophyllwerte von *Diatoma elongatum* und *Stephanodiscus Hantzschii* im Mischkulturversuch

Kulturtage	Volumen einer Stephanodiscus-Zelle (μ^3)		Volumen einer Diatoma-Zelle (μ^3)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		% Chlorophyll am Trockengewicht	
	I [1])	II [1])	I	II	I	II	I	II
2	929	868	1068	1230	8,5	4,6	—	—
4	922	902	1118	1161	4,8	3,6	—	—
7	927	971	1085	1082	4,5	4,6	—	—
8	962	931	1121	1082	4,5	4,9	1,8	1,7
9	891	917	1115	1092	4,5	4,0	1,9	2,0
10	857	901	1107	1034	4,8	4,2	1,6	1,4

[1]) I u. II bezeichnen die Nährlösungsreihen

Die Variationsbreite der Pervalvarachsenlänge von *Stephanodiscus* und *Diatoma* war praktisch die gleiche wie in den Monokulturserien. Die Häufigkeitsverteilung der Zellhöhen gleicher Klassenmitten (Abb. 12 u. 13) dagegen wich vornehmlich bei *Diatoma*, der Kieselalge also, deren Wachstum in der Mischkultur auffällig durch *Stephanodiscus* beeinflußt wurde, nicht unbeträchtlich von den Gegebenheiten in der Monokultur ab. In Nährlösung II, in der sich *Diatoma* besser vermehrte, waren im Mittel höhere Zellen enthalten als in Nährlösungsreihe I. Die Zellen beider Kulturreihen waren durchschnittlich etwas flacher als die *Diatoma*-Zellen aus den gleichen Nährlösungen in den Monokulturserien, jedoch höher als die Zellen, die in der nitratarmen, chloridhaltigen Nährlösung wuchsen.

Bei *Stephanodiscus* fanden die unterschiedlichen Lebensbedingungen wieder wenig Ausdruck in der Pervalvarachsenlänge. Außerdem wurde die Vermehrung dieser Alge in der Mischkultur kaum beeinflußt. Die Zellen waren allerdings im Mittel nicht so hoch wie im *Stephanodiscus*-Monokulturversuch (ebenfalls bei 6000 Lux und mit Impfmaterial, das in der gleichen Nährlösung kultiviert worden war).

Im Gegensatz zu der fast kontinuierlichen Abnahme der Pervalvarachsenlänge im Versuchsverlauf bei den Monokulturen variierte die mittlere Höhe der Zellen in der Mischkultur unregelmäßig. Doch die für die einzelnen Versuchsabschnitte errechneten mittleren Zellvolumina (je 60 Messungen lagen der Mittelwertsberechnung zugrunde) (Tab. 6) entsprachen denen, die für die Monokulturen bestimmt wurden. Zusammenhänge mit den Vorgängen innerhalb der Nährlösungsreihen können vom Zellvolumen her nicht abgeleitet werden. Die gegenseitige Beeinflussung der Algen, die in der Art der Algenvermehrung in den Kulturreihen I und II im Vergleich mit den Entwicklungsvorgängen in den Monokulturversuchen zum Ausdruck kam, mag auch das Algenvolumen beeinflußt haben.

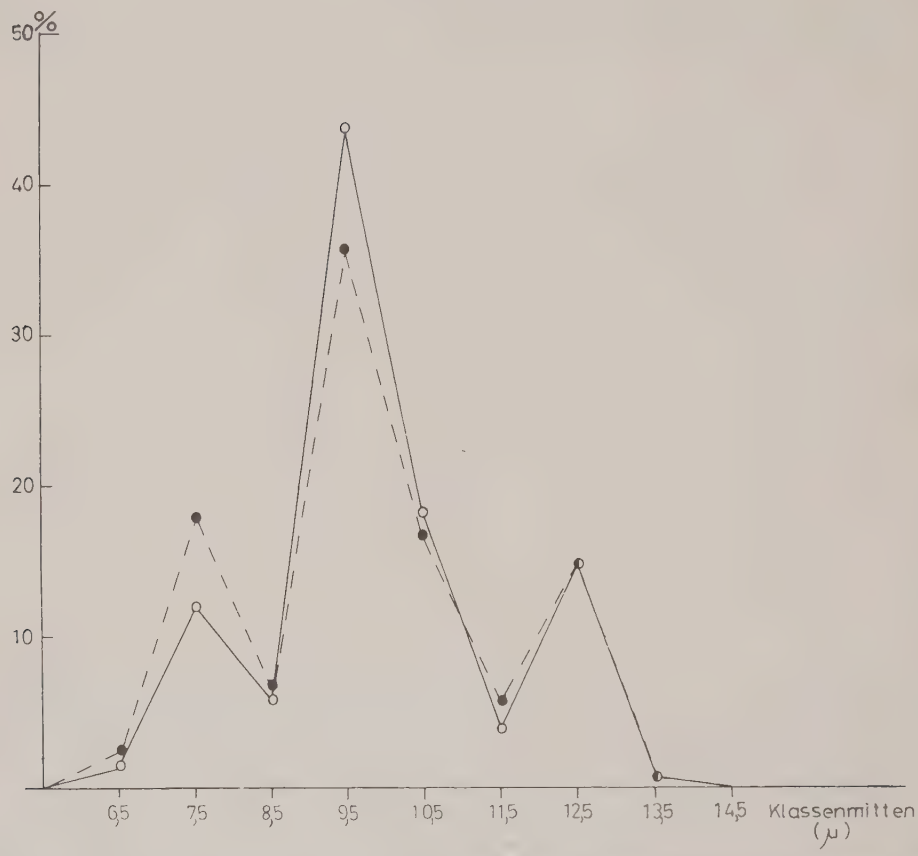


Abb. 12. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Stephanodiscus Hantzschii* (im Mischkulturversuch mit *Diatoma elongatum*). o —— o Nährlösungsreihe I; · — — — · Nährlösungsreihe II

4. Versuche mit planktischen Chlorococcalen

Die Kulturserien sind unter gleicher Zielsetzung und bei gleicher Versuchsanordnung wie zuvor die Diatomeen-Versuche durchgeführt worden.

a) *Scenedesmus quadricauda*

Als Nährmedien wurden im ersten Versuch nebeneinander die Nährlösung „L + C" und die Nährlösung Nr. 8 von RODHE (Tab. 1) verwendet. Die Original-Nährlösung nach RODHE soll mit „R_a" bezeichnet werden. Die Beleuchtung betrug 6000 Lux, die Wasserbadtemperatur 25 °C. Es galt festzustellen, ob der Chlorophyllgehalt der Algen in den verschieden zusammengesetzten Nährlösungen quantitativ unterschiedlich ist. Zellenzahl, Chlorophyllgehalt und Trockengewicht wurden in dieser Versuchsserie bestimmt.

Scenedesmus trat in der L+C-Nährlösung vorwiegend in Form von Einzelzellen auf, in der R_a-Nährlösung dagegen als Zweizellstadium. Der Chlorophyllgehalt eines

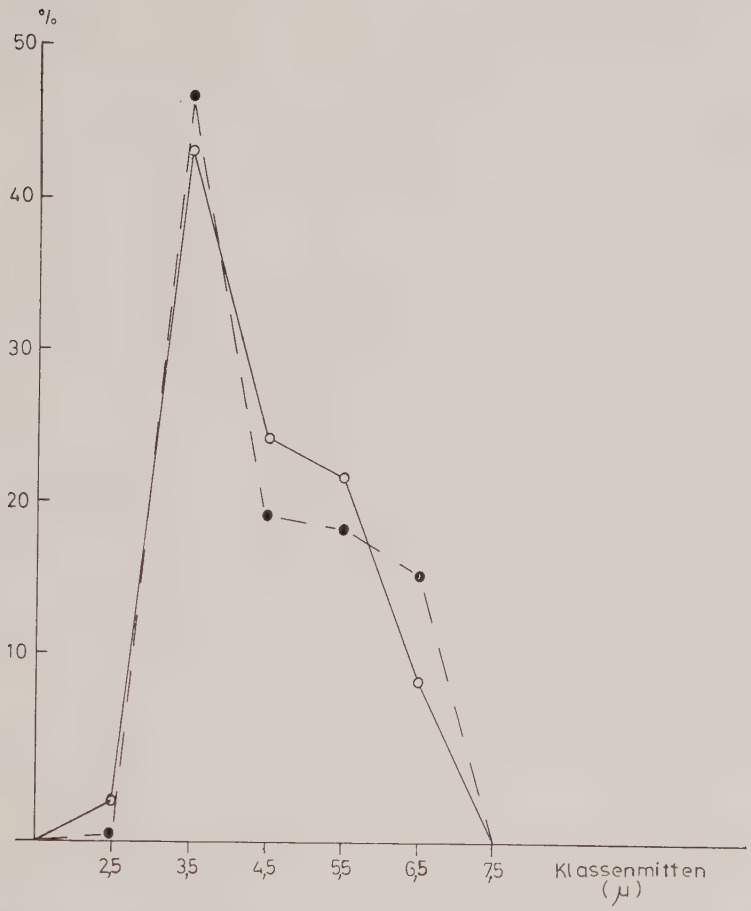


Abb. 13. Prozentuale Verteilung der Pervalvarachsen-Klassenmitten von *Diatoma elongatum* (im Mischkulturversuch mit *Stephanodiscus Hantzschii*). o——o Nährlösungsreihe I; ·———· Nährlösungsreihe II

Coenobiums (aus zwei Zellen bestehend) entsprach größenordnungsmäßig etwa dem der besprochenen Diatomeenzellen. Der Pigmentgehalt schwankte im Verlauf der Versuchszeit in der L+C-Nährlösung zwischen 3,5- und $2{,}8 \times 10^{-6}\,\gamma$, in der R_a-Nährlösung zwischen 4,8- und $4{,}2 \times 10^{-6}\,\gamma$ in einem Zweizellcoenobium. Auch der auf das Trockengewicht bezogene prozentuale Chlorophyllanteil war von den Algen aus der L+C-Nährlösung niedriger (2,9- bis 1,1%) als von denen aus der Nährlösung R_a (5,6 bis 1,3%).

Bei den folgenden Versuchen mit *Scenedesmus* wurde nur noch Rodhe-Nährlösung verwendet. Zunächst sollten Wachstum und Chlorophyllgehalt der Algen bei abgestuftem Calciumnitratgehalt bestimmt werden. Der eine Teil der Versuchskölbchen erhielt deshalb Rodhe-Nährlösung mit 120 mg $Ca(NO_3)_2/l(R_b)$, der andere Teil der Probenflaschen Rodhe-Nährlösung mit 30 mg $Ca(NO_3)_2/l(R_c)$. Die Temperatur des Wasserbades betrug 25 °C, die Beleuchtung 6000 Lux.

Die Trockensubstanz konnte hier nicht bestimmt werden, weil mit dem Algenmateri versucht wurde, das Trockenchlorophyll zu erfassen.

Der Chlorophyllgehalt eines Zweizellcoenobiums bewegte sich während der fü tägigen Versuchszeit zwischen 6,0- und $4{,}3 \times 10^{-6}\,\gamma$ in der nitratreichsten Kultu reihe, zwischen 4,7- und $3{,}9 \times 10^{-6}\,\gamma$ in der nur 30 mg $Ca(NO_3)_2$/l enthaltenden Näh lösungsreihe. Die zahlenmäßige Entwicklung verlief in beiden Kulturreihen fa gleichmäßig.

Für den dritten Kulturversuch wurde nur eine Kulturreihe mit Original-RODH Nährlösung angesetzt. Damit wurde geprüft, wie weit sich Zellvolumen, Chlor phyllgehalt und Trockengewicht von Tag zu Tag verändern.

Das Wasserbad hatte wieder eine Temperatur von 25 °C. Die Beleuchtung wurde a 8000 Lux erhöht, um dadurch möglicherweise den Chlorophyllwert der Algen zu veränder

Die Volumgrößen-, Chlorophyllgehalts- und Trockengewichtsschwankungen war nicht unbeträchtlich und während der ersten zwei Kulturtage sichtlich vom Teilung rhythmus bestimmt (2 Parallelreihen. Tab. 7). Die Coenobien waren nicht s chlorophyllhaltig wie im voraufgegangenen Versuch. Sie enthielten sogar wenig Chlorophyll als die Scenedesmen aus der Nährlösungsreihe mit nur 30 mg $Ca(NO_3)_2$ im zweiten Kulturversuch. Ob die höhere Beleuchtungsintensität Ursache für d niedrigeren Pigmentgehalt war, kann an Hand dieser Untersuchungen nicht en schieden werden, weil Alter und Menge des Impfgutes nicht ganz gleich waren.

Tabelle 7. Individuenzahl, Coenobienvolumen, Chlorophyll- und Trockengewicht werte von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit der Nährlösung R_a

Kultur-tage-	Anzahl der Coenobien in 1 cm³ (× 10³)		γ Chlorophyll in einem Coenobium (× 10⁻⁶)		Volumen eines Coenobiums (μ³)	γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen	% Anteil Chlorophyll am Trockengewicht	γ Trocken gewicht ein Coenobium (× 10⁻⁵)
	A [1])	B [1])	A	B				
0	67	74	3,1	3,5	293	11,0	3,9	8,5
1	224	217	1,9	2,0	156	13,0	4,1	4,5
2	217	184	3,2	3,2	258	12,0	3,3	9,7
3	387	396	2,5	2,5	197	13,0	3,8	6,6
4	450	421	2,5	2,5	262	9,7	4,0	6,5
5	570	624	2,2	2,2	229	9,6	3,8	5,9
7	620	520	2,4	2,8	237	11,0	4,7	6,1

[1]) A u. B bezeichnen die Parallelkulturen

Die auf das Standardzellvolumen von 1 mm³ bezogenen Werte brachten erst kl zur Anschauung, daß *Scenedesmus* im Vergleich mit *Diatoma* und *Stephanodisc* ungefähr um das Fünffache chlorophyllhaltiger war. Ein Chlorophyllabbau fan im Laufe der Versuchszeit nicht statt; es wurde sogar in den letzten Kulturtage ein leichter Chlorophyllanstieg verzeichnet. Auch der prozentuale Chlorophyll anteil an der Trockensubstanz war bei *Scenedesmus* größer als bei den beiden Diat meen. Die Chlorophyllgehaltsschwankungen, die sich bei Berücksichtigung d Zellvolumens abgezeichnet hatten, wurden vom Trockengewicht nicht in gleiche

Weise widergespiegelt. Das kann auch nicht erwartet werden, weil das Volumen nicht mit der Masse identisch sein muß.

Um zu sehen, ob ein Zusatz von $CaCl_2$ zur Nährlösung Wachstum und Chlorophyllwert zu beeinflussen vermag, sind für den nächsten Versuch folgende Kulturreihen angesetzt worden: 1) Rodhe-Nährlösung mit 120 mg $Ca(NO_3)_2$/l; 2) Rodhe-Nährlösung mit 30 mg $Ca(NO_3)_2$ + 90 mg $CaCl_2$/l(R_d). Temperatur und Beleuchtung wurden bei 25 °C und 8000 Lux belassen. Das Algenvolumen ist nur beim ersten und bei den beiden letzten Versuchsabschnitten bestimmt worden.

Die Algen vermehrten sich in der nitratreicheren Nährlösung letzten Endes nicht so gut wie in der Nährlösung, die weniger Nitrat, dafür aber $CaCl_2$ enthielt (Abb. 14). Im Gegensatz zur zunehmenden Coenobienzahl nahm der Chlorophyllgehalt in der Kulturreihe R_d in den letzten Tagen ab. In Nährlösung R_b lagen praktisch die umgekehrten Verhältnisse vor. Das Trockengewicht der Algen entsprach weder den Individuenzahlen noch den Chlorophyllmengen völlig. Die Coenobien waren größer und etwas chlorophyllhaltiger als im vorigen Versuch (Tab. 8). Eine Pigmentverringerung im Standardvolumen und prozentanteilig am Trockengewicht machte sich erst am Ende der Kulturzeit in Nährlösungsreihe R_d bemerkbar.

Tabelle 8. Coenobienvolumen und Chlorophyllwerte von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den Nährlösungsreihen R_b und R_d

Kulturtage	γ Chlorophyll in einem Coenobium ($\times 10^{-6}$)		Volumen eines Coenobiums (μ^3)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		% Anteil Chlorophyll am Trockengewicht	
	R_b [1])	R_d [1])	R_b	R_d	R_b	R_d	R_b	R_d
2	4,50	4,40	400	343	11,6	13,0	3,4	3,5
4	4,03	4,05	—	—	—	—	4,2	3,8
6	4,23	4,18	—	—	—	—	5,0	4,9
8	3,70	3,80	343	332	11,0	10,8	3,6	3,6
10	4,75	2,60	392	311	12,2	8,4	5,0	3,0

[1]) R_b u. R_d bezeichnen die Nährlösungsreihen

In einer weiteren Versuchsserie fehlte den Nährlösungen diesmal das Natriumsilikat. Die eine Nährlösung wurde außerdem mit 120 mg $Ca(NO_3)_2$/l(R_e), die andere mit 20 mg $Ca(NO_3)_2$ +100 mg $CaCl_2$/l(R_f) angesetzt. Bei diesem Versuch sind ferner 200-cm³-Erlenmeyerkolben verwendet worden, in die über Watte gefilterte Luft eingeleitet wurde. Die Wasserbadtemperatur betrug 25 °C, die Beleuchtung 8000 Lux.

Die Scenedesmen vermehrten sich während der letzten Kulturtage in der nitratreicheren Nährlösung besser als in der weniger Calciumnitrat enthaltenden Kulturreihe (Tab. 9). Die gegenüber den anderen Versuchsserien mehrfach veränderten Ernährungsbedingungen führten im Vergleich zu den anderen Untersuchungen zu abweichenden Ergebnissen. So lagen in beiden Nährlösungsreihen während der ersten Versuchstage fast nur Einzelzellen vor. Mit Bezug auf die Individuenzahl waren die Scenedesmen der Nährlösungsreihe R_f zwar chlorophyllärmer als die aus der Kulturreihe R_e. Doch das Coenobienvolumen war in beiden Nährlösungsreihen so unterschiedlich, daß sich für den Pigmentgehalt im Standardvolumen ein genau umgekehrtes Verhältnis errechnete. Das kleinere Volumen der Algen aus der Kulturreihe R_f fand auch im Trockengewicht seinen Ausdruck. Im Hinblick auf den Pro-

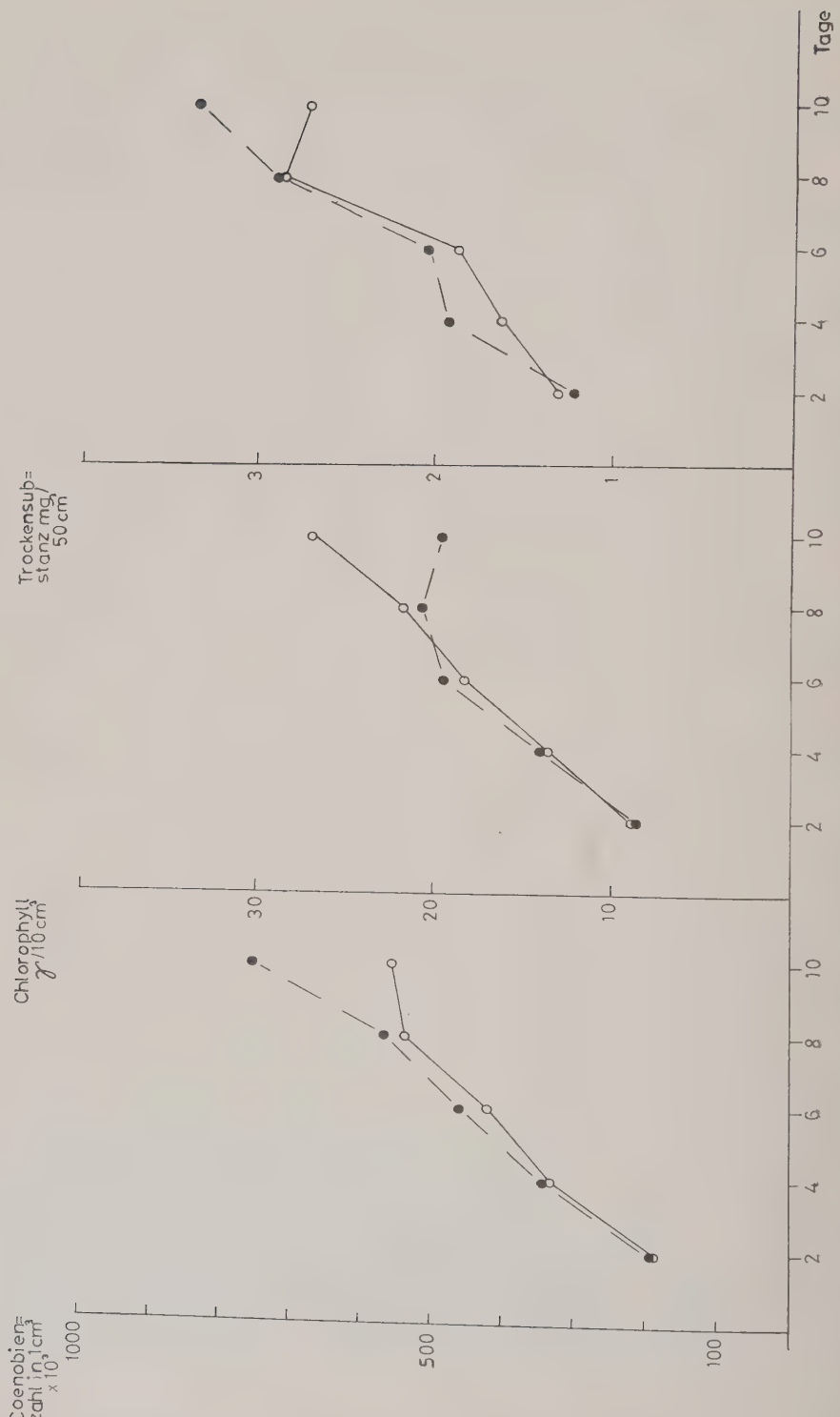


Abb. 14. Coenobienvermehrung, Chlorophyllgehalt und Trockengewicht von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_b ∘ —— ∘ und R_d · — — — .

Tabelle 9. Individuenzahl, Volum- und Chlorophyllwerte von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den Nährlösungen R_e und R_f

Kulturtage	Anzahl der Coenobien in 1 cm³ (× 10³)		Volumen einer Einzelzelle (μ³)		Volumen eines Coenobiums (μ³)		γ Chlorophyll in einem Coenobium (× 10⁻⁶)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		% Anteil Chlorophyll am Trockengewicht	
	R_e [1])	R_f [1])	R_e	R_f	R_e	R_f	R_e	R_f	R_e	R_f	R_e	R_f
3	249,5	249,0	266	146	—	—	2,1	2,0	7,9	14,0	3,4	3,9
6	505,0	531,0	296	165	—	—	2,6	2,0	8,5	11,6	3,3	2,9
9	1115,4	654,0	225	225	322	197	2,3	1,9	7,6	9,6	3,4	2,2

[1]) R_e u. R_f bezeichnen die Nährlösungsreihen

zentanteil des Chlorophylls an der Trockensubstanz waren allerdings die Scenedesmen der Nährlösungsreihe R_f — abgesehen vom ersten Versuchsabschnitt — chlorophyllärmer als das Algenmaterial aus der nitratreicheren Kulturreihe.

Alle mit *Scenedesmus* durchgeführten Versuche sind nicht bis zur Nährstofferschöpfung durchgeführt worden. Es wurden aber noch Volumen und Chlorophyllgehalt von Scenedesmen bestimmt, die innerhalb von $6^1/_2$ Monaten keine neue Nährlösung erhalten und am Boden des Kulturgefäßes in dicker Schicht gelegen hatten. Ein Zweizellcoenobium aus dieser alten Stammkultur enthielt nur $1{,}3 \times 10^{-6}\,\gamma$ Chlorophyll und 1 mm³ Zellvolumen sogar nur $1{,}5\,\gamma$. Die Coenobien wiesen ein mittleres Volumen von 885 μ³ auf. Als diesen Algen frische Stammnährlösung geboten wurde, vermehrten sie sich kräftig und bildeten erneut Chlorophyll aus.

Der Chlorophyllgehalt von *Scenedesmus* ist also auch kein unveränderlicher Wert; er schwankt in dem durch Wachstums- und Milieueinflüsse gegebenen Maß.

Um das Volumen von *Scenedesmus* bestimmen zu können, wurde entweder die Breite eines Zweizellcoenobiums oder gegebenenfalls die Breite der Einzelzellen der Berechnung zugrunde gelegt, nachdem sich herausgestellt hatte, daß der Zelldurchmesser das mit dem Nährstoffgehalt vornehmlich variierende Maß ist und nicht die Zellänge. Als Beispiel dafür sei die Häufigkeitsverteilung der Zellmaße im zuletzt besprochenen Kulturversuch angeführt. Die Länge der Zellen unterschied sich in beiden Nährmedien kaum voneinander (Abb. 15). Aber sowohl die Einzelzellen (Abb. 16) wie die Zweizellcoenobien (Abb. 17) waren in der nitratreicheren Nährlösung (R_e) in der Mehrzahl eindeutig breiter, und damit waren die Volumina durchschnittlich größer als die der Algen aus der weniger Nitrat, dafür calciumchloridhaltigen Nährlösung.

Die Häufigkeitsverteilung der Coenobienbreiten gleicher Klassenmitten von Scenedesmen aus Kulturreihen, die nur verschiedene $Ca(NO_3)_2$- und $CaCl_2$-Mengen enthielten, ist nicht so unterschiedlich gewesen wie in dem Versuch, in dem außerdem Natriumsilikat fehlte (Abb. 18).

b) Pediastrum boryanum

Für die Kulturversuche mit *Pediastrum* ist RODHE-Nährlösung mit abgestuften Calciumnitratmengen verwendet worden. Es galt hier vornehmlich, den Chlorophyllwert der Alge und gegebenenfalls altersbedingte Chlorophyllgehaltsunterschiede zu erfassen. Die Serien-

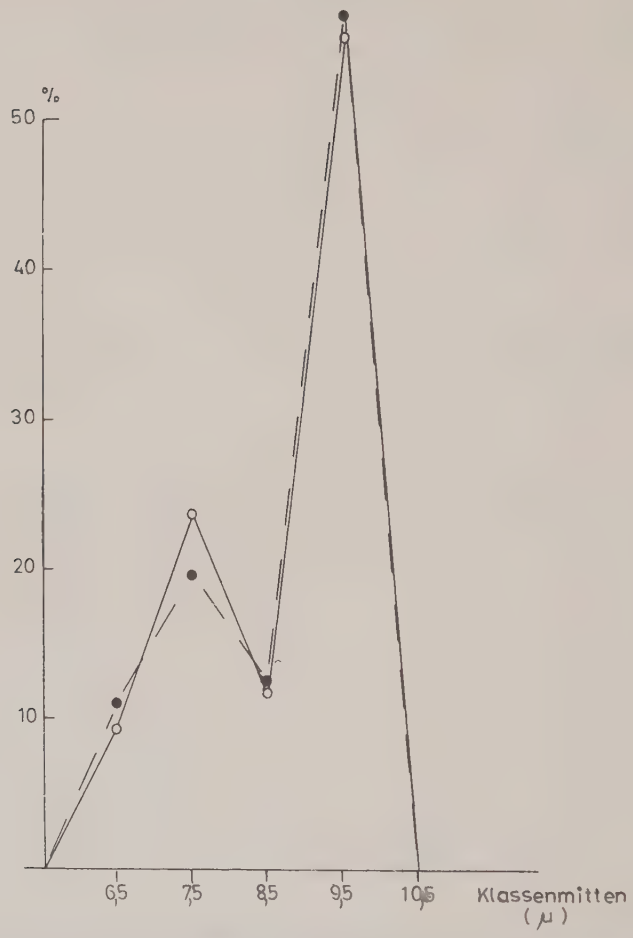


Abb. 15. Prozentuale Verteilung der Zellängen-Klassenmitten von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_e o —— o und R_f · — — — ·

versuche wurden im Photothermostatenbad in gleicher Anordnung wie bei allen bisher besprochenen Versuchen durchgeführt.

Im ersten *Pediastrum*-Versuch sind zwei Nährlösungsreihen (mit 120 mg und 30 mg $Ca(NO_3)_2$/l) angesetzt worden. Die Beleuchtung wurde auf 8000 Lux eingestellt; die Wasserbadtemperatur betrug 25 °C.

Die Entwicklung von *Pediastrum* vollzog sich in beiden Kulturreihen fast gleichmäßig. In der Nährlösung R_b waren die Algen etwas pigmenthaltiger als in der Nährlösung R_c. Sowohl die im Standardvolumen enthaltenen Chlorophyllmengen wie der Prozentanteil des Chlorophylls an der Trockensubstanz entsprachen größenordnungsmäßig den für *Scenedesmus* ermittelten Werten. Nur der Chlorophyllgehalt einer Kolonie war fast um eine Zehnerpotenz größer als bei den bis dahin untersuchten Algen.

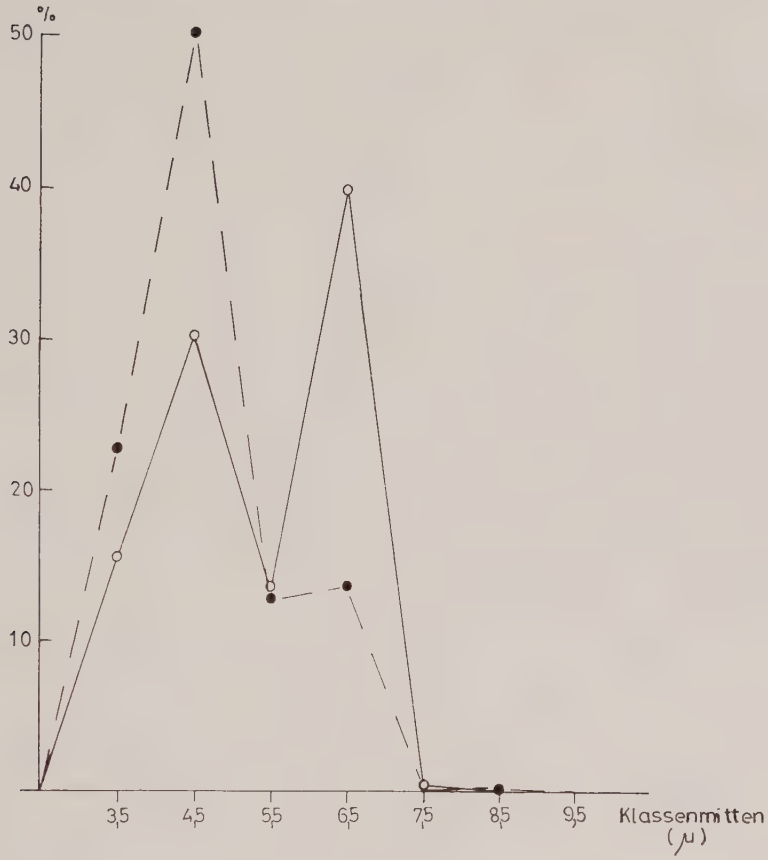


Abb. 16. Prozentuale Verteilung der Zellenbreiten-Klassenmitten von *Scenedesmus-quadricauda*-Einzelzellen im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_e o——o und R_f · — — — ·

Mit der folgenden Kulturserie sollte geprüft werden, ob und wieweit verschieden alte Algen unter gleichen Lebensbedingungen unterschiedliche Volumina und Chlorophyllmengen besitzen.

Die Kulturkölbchen dieses Versuchs sind zu diesem Zweck nur mit Original-Rohde-Nährlösung versehen worden. Mit 8000 Lux wurde beleuchtet, 25 °C betrug die Wasserbadtemperatur. Der eine Teil der Probenflaschen ist mit Pediastren, die drei Tage zuvor in frische Stammnährlösung überführt worden waren (Reihe A), der anderen mit Pediastren, die etwa 5 Wochen ang keine neue Nährlösung erhalten hatten (Reihe B), beimpft worden.

Im Versuchsverlauf vermehrten sich die alten Pediastren zunächst stärker als das junge Impfmaterial (Abb. 19). Zwischen dem vorletzten und letzten Versuchsabschnitt entwickelten sich dann aber die Abkömmlinge der jungen Impfalgen besser als die des alten Impfgutes. Das Gesamtalgenvolumen in 1 cm³ Nährlösung läßt die Unterschiede in der Größe der Kolonien schon bei dieser Betrachtungsweise erkennen.

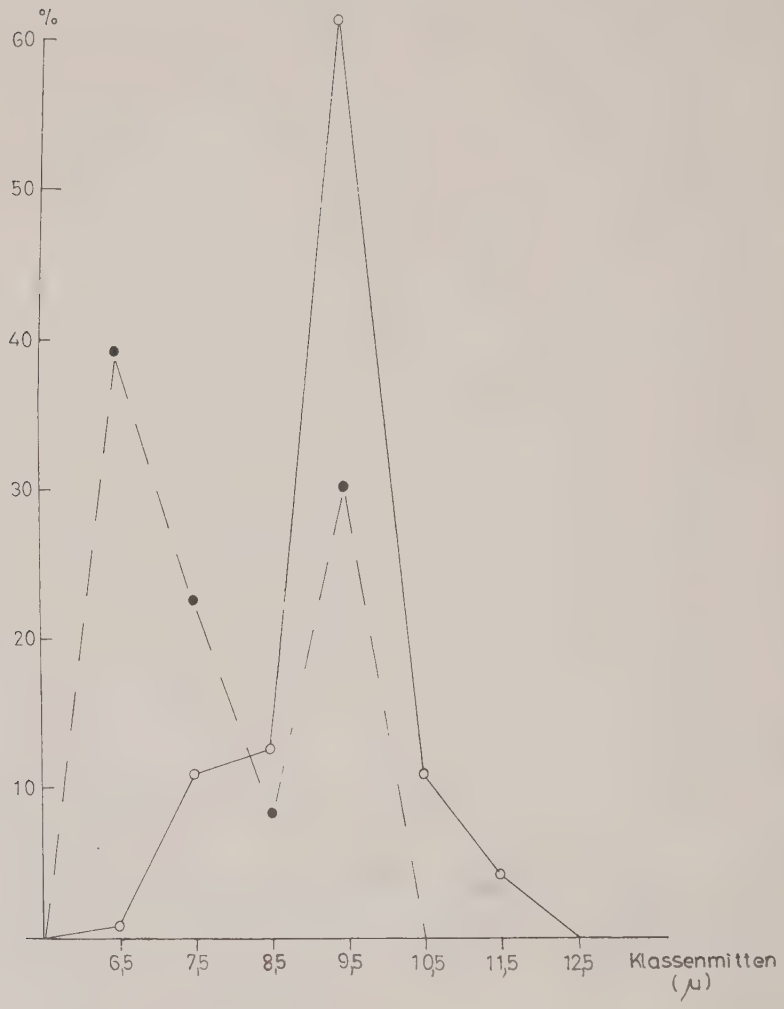


Abb. 17. Prozentuale Verteilung der Coenobienbreiten-Klassenmitten von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_e o —— o und R_f · — — — ·

Zu- bzw. Abnahme des Chlorophyllgehaltes von 10 cm³ Kultursuspension entsprach für die Reihe A zwar nicht völlig, aber doch annähernd der Zu- und Abnahme von Koloniezahl und Algenvolumen; für die Reihe B traf das nicht zu.

Das mittlere Volumen der Pediastren aus der frischen Stammkultur ist nicht einmal halb so groß gewesen wie das der Algen aus dem einige Wochen alten Nährmedium (Tab. 10). Der auf eine Kolonie entfallende Chlorophyllgehalt war bei beiden Impfgütern fast gleich groß. Bei Berücksichtigung des Volumens trat allerdings der bedeutende Pigmentgehaltsunterschied des verschiedenen Impfmaterials hervor.

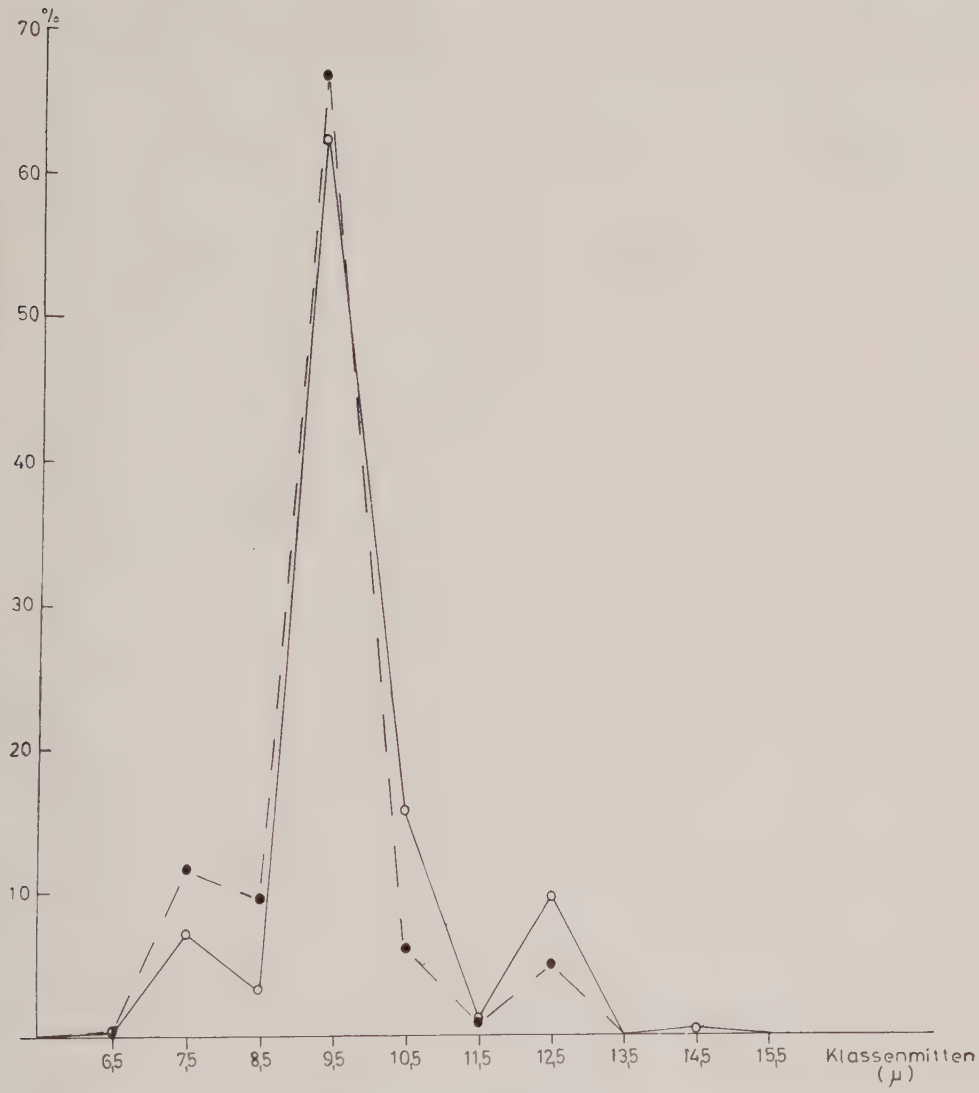


Abb. 18. Prozentuale Verteilung der Coenobienbreiten-Klassenmitten von *Scenedesmus quadricauda* im Kulturversuch mit den Nährlösungsreihen R_b o —— o und R_d • — — — •

Der Chlorophyllgehalt einer Kolonie, im Standardvolumen und als Prozentsatz am Trockengewicht berechnet, zeigte beim Vergleich der beiden Kulturreihen während des Versuchsverlaufs keine völlige Angleichung der Werte aneinander. Immer waren die Pediastren, die von der alten Impfkultur abstammten, chlorophyllärmer als diejenigen, die sich aus der frischen Impfkultur entwickelt hatten. Der extreme Altersunterschied des Impfgutes und die Tatsache, daß *Pediastrum* in der Rodhe-

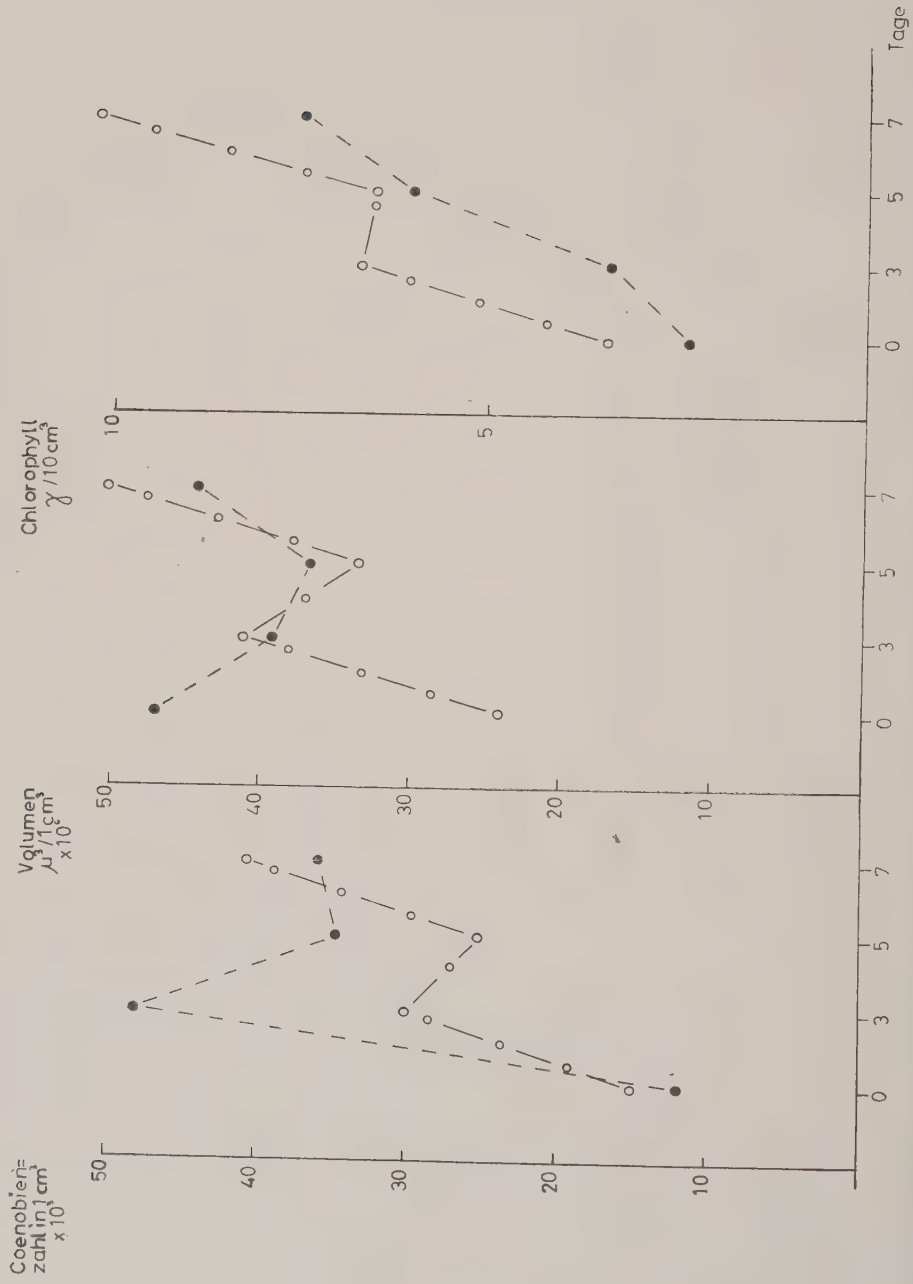


Abb. 19. Coenobienvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt von *Pediastrum boryanum* im Kulturversuch mit verschieden altem Impfmaterial. Kulturreihe A o —— o —— o Kulturreihe B . — — — .

Nährlösung nur sehr langsam wuchs, trugen dazu bei, daß die Chlorophyllgehaltsunterschiede von verschieden altem Algenmaterial so besonders deutlich hervortraten.

Tabelle 10. Coenobienvolumen und Chlorophyllwerte von *Pediastrum boryanum* im Kulturversuch mit verschieden altem Impfmaterial

Kulturtage	Volumen eines Coenobiums (μ^3)		γ Chlorophyll in einem Coenobium ($\times 10^{-5}$)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen		% Anteil Chlorophyll am Trockengewicht	
	A [1])	B [1])	A	B	A	B	A	B
0	1564	3946	2,3	2,0	14	5	—	—
3	1369	813	2,2	0,7	15	9	3,3	1,9
5	1348	1054	2,6	1,8	19	16	3,9	2,0
7	1227	1237	2,5	2,1	20	17	4,2	—

[1]) A und B bezeichnen die beiden Kulturreihen mit verschieden altem Impfmaterial

In zwei weiteren Kulturversuchen, die nicht noch näher geschildert werden sollen, konnten die bisherigen Untersuchungsergebnisse bestätigt werden.

In den *Pediastrum*-Serienversuchen sind keine ausgesprochenen Mangelerscheinungen hervorgerufen worden. Um jedoch noch zu demonstrieren, daß auch bei dieser Alge der Chlorophyllgehalt bei Nährstofferschöpfung abnimmt, ohne daß deshalb ihre Lebensfähigkeit nachhaltig leidet, wurden Volumen und Chlorophyllgehalt von Pediastren bestimmt, die im Verlauf von $6^1/_2$ Monaten keine neue Nährlösung erhalten hatten. Diese Algen wirkten kaum noch grün, sondern von den Carotinoiden her rotgelb gefärbt. Das mittlere Kolonievolumen betrug 3163 μ^3, der Chlorophyllgehalt im Coenobium $1{,}3 \times 10^{-5}\,\gamma$ und in 1 mm³ Zellvolumen $4{,}2\,\gamma$. Die Werte entsprachen also noch denen, die für das alte Impfmaterial des einen geschilderten Kulturversuchs ermittelt worden waren. Bei Übertragung in frische Nährlösung setzte wieder Vermehrung ein, und die Kultur sah bald frisch grün aus.

Die Bestimmung des Volumens von *Pediastrum* bereitete Schwierigkeiten, weil die Höhe der Kolonien nicht erfaßt werden kann. Ausgemessen wurde also nur der Durchmesser. Die Höhe der Kolonie ist der Länge einer Zelle aus einem typischen vielzelligen Coenobium entsprechend festgelegt worden.

Auf Grund dieser Tatsache kann nur gezeigt werden, daß im Versuch mit den verschieden alten Impfalgen die meisten der Abkömmlinge beider Impfgüter Koloniedurchmesser der gleichen Größenklasse aufwiesen (Abb. 20). Der Prozentsatz an großen Coenobien war aber in der Kulturreihe, die mit der alten Stammkultur beimpft worden war, sichtlich kleiner.

c) *Ankistrodesmus falcatus*

Mit *Ankistrodesmus falcatus* sind zwei Kulturversuche bei 8000 Lux und 25 °C Wasserbadtemperatur durchgeführt worden. Die Kulturkölbchen enthielten im ersten Versuch RODHE-Nährlösung mit 120 mg oder 30 mg $Ca(NO_3)_2$/L. Die Algen

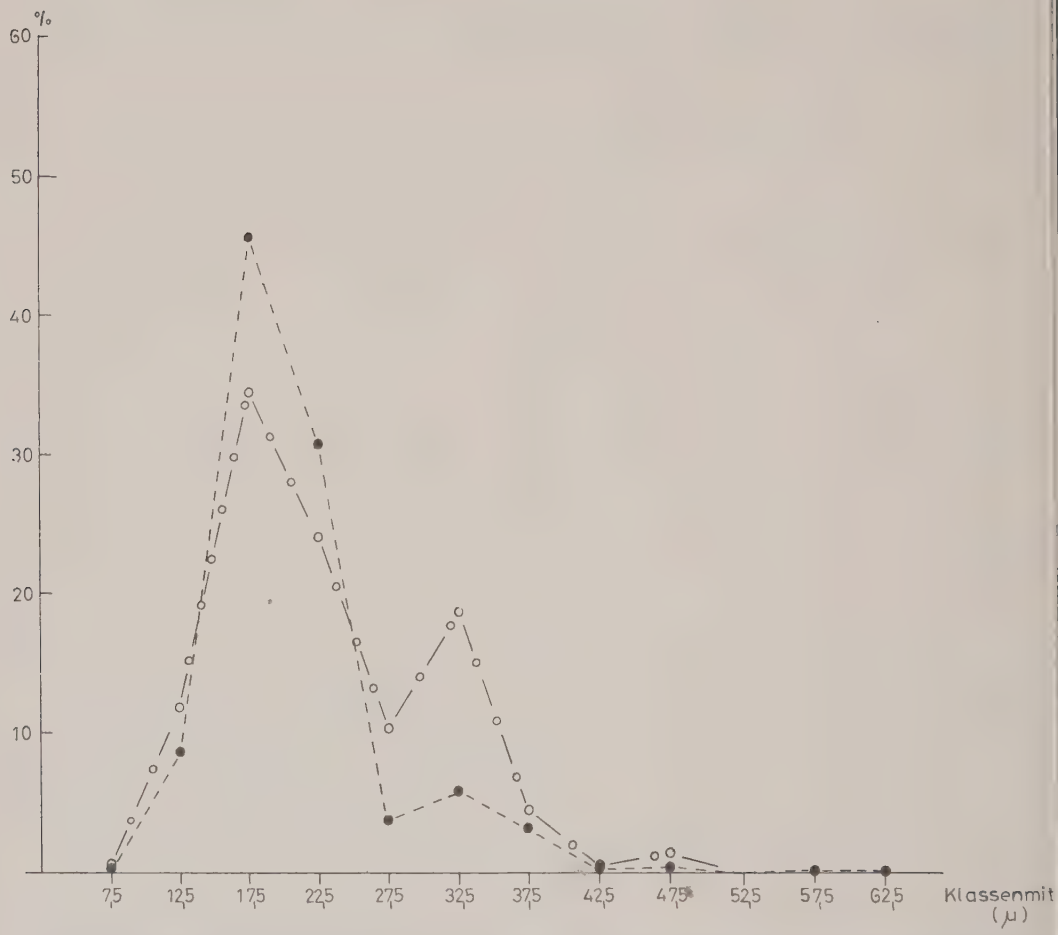


Abb. 20. Prozentuale Verteilung der Coenobiendurchmesser-Klassenmitten von *Pediastrum boryanum* im Kulturversuch mit verschieden altem Impfmaterial. o —— o —— o Kulturreihe A; · — — — · Kulturreihe B

wuchsen in diesem Fall in der weniger Calciumnitrat enthaltenden Nährlösung besser als in der nitratreicheren Kulturreihe. Vermutlich sind durch absterbende Algen in der Kulturreihe R_c im Verlauf der Versuchszeit Nährstoffe frei geworden, so daß in den letzten Kulturtagen neuer Zuwachs möglich wurde. In der nitratreicheren Nährlösungsreihe war dagegen eine stetige leichte Zunahme der Zellenzahl zu verzeichnen gewesen, die erst zwischen dem 9. und letzten (12.) Kulturtag fast zum Stillstand kam. Die Chlorophyllmengen beider Nährlösungsreihen und die ihnen zuzuordnenden Individuenzahlen (das Volumen wurde in dieser Versuchsserie nicht bestimmt) standen in keinem konstanten Verhältnis zueinander; nicht viel anders verhielt es sich mit den Trockengewichten. Der Chlorophyllgehalt der *Ankistrodesmus*-Zellen lag um gut eine Zehnerpotenz niedriger als bei *Pediastrum* und war

sogar etwas geringer als bei *Scenedesmus*. Außerdem enthielten die Algen der Nährlösungsreihe R_c weniger Chlorophyll als die der Kulturreihe R_b. Auch der prozentuale Chlorophyllanteil an der Trockensubstanz war bei den Algen aus der Nährlösungsreihe R_c niedriger als bei den Algen aus der Nährlösungsreihe R_b. Die Prozentwerte von beiden Kulturreihen entsprachen den für *Scenedesmus* und *Pediastrum* ermittelten Zahlen. Es wurde für die ganze Kulturserie immerhin ein mittleres Zellvolumen bestimmt und als Durchschnittswert für 1 mm³ Zellvolumen 20 γ Chlorophyll von Algen der Nährlösungsreihe R_b und 18 γ Chlorophyll für die Ankistrodesmen aus der Nährlösungsreihe R_c ermittelt.

Im zweiten Kulturversuch mit *Ankistrodesmus* sollte nochmals der Chlorophyllgehalt, jedoch unter etwas veränderten Nährstoffbedingungen und unter Berücksichtigung des Zellvolumens untersucht werden.

Es sind Original-Rodhe-Nährlösung und solche mit 19 mg $Ca(NO_3)_2$ + 38 mg $CaCl_2(R_g)$ verwendet worden. Temperatur und Beleuchtung wurden, wie im voraufgegangenen Versuch, auf 25 °C und 8000 Lux eingestellt.

Die Algen vermehrten sich in beiden Nährlösungsreihen ziemlich gleichmäßig (Abb. 21). Das Gesamtalgenvolumen in der Suspensionseinheit nahm nicht im gleichen Maße wie die Individuenzahl zu, denn in der weniger Nitrat enthaltenden Kulturreihe machte sich das kleine mittlere Zellvolumen der Algen am 7. Kulturtag bemerkbar (Tab. 11). Der Chlorophyllgehalt war nach 3 Tagen in der nitratreicheren Kulturreihe größer als in der Nährlösungsreihe R_g. Auf die Einzelzelle berechnet

Tabelle 11. Zellvolumen und Chlorophyllwerte von *Ankistrodesmus falcatus* im Kulturversuch mit den Nährlösungen R_a und R_g

Kulturtage	Volumen einer Zelle (μ^3)		γ Chlorophyll in einer Zelle ($\times 10^{-6}$)		γ Chlorophyll in 1 mm³ Zellvolumen	
	R_a [1])	R_g [1])	R_a	R_g	R_a	R_g
0	135		2,6		19	
3	70	74	1,0	1,0	14	13
7	70	38	1,1	0,9	16	23
10	56	50	1,4	1,1	26	22

[1]) R_a und R_g bezeichnen die Nährlösungsreihen

enthielt diese Alge etwas weniger Chlorophyll als ein aus zwei Zellen bestehendes *Scenedesmus*-Coenobium; aber auf das Zellvolumen von 1 mm³ bezogen, war *Ankistrodesmus* pigmenthaltiger. Eine Beeinflussung des Chlorophyllgehaltes durch Wachstums- und Umweltfaktoren wurde auch aus diesem Versuch ersichtlich.

Die Berechnung des Zellvolumens basierte auf dem mit den Wachstumsbedingungen auffällig veränderlichen Zelldurchmesser (Abb. 22). Die mittlere Länge von *Ankistrodesmus* wies in beiden Nährlösungsreihen keine bemerkenswerten Unterschiede auf.

5. Diskussion

Die Kulturversuche haben eine mehr ins einzelne gehende Beobachtung der Reaktionen von Algen auf unterschiedliche Lebensbedingungen zugelassen, als das

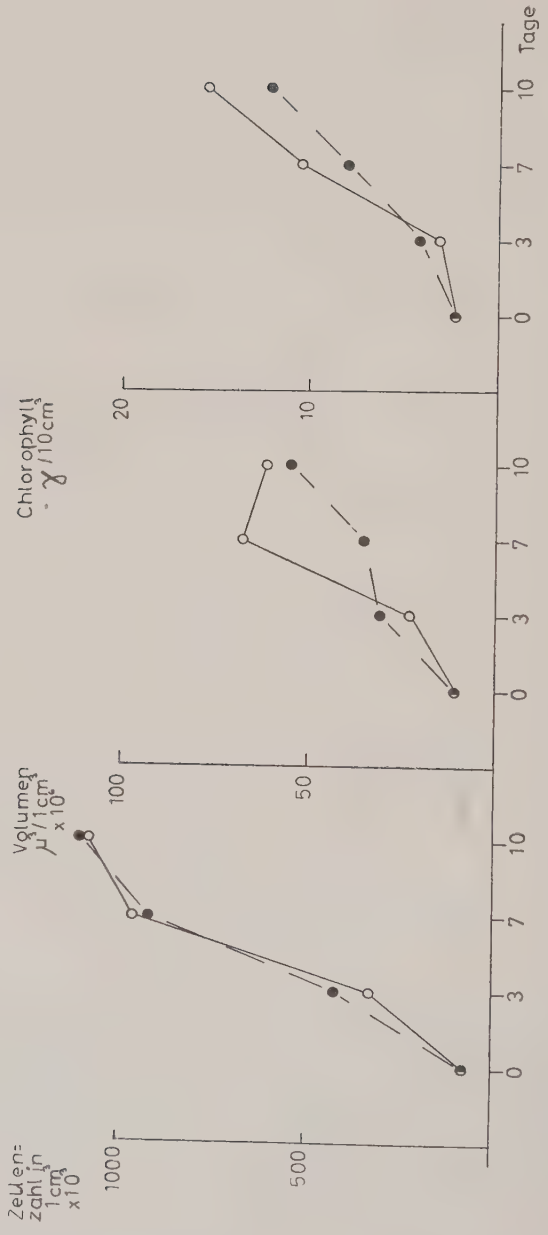


Abb. 21. Zellvermehrung, Algenvolumen und Chlorophyllgehalt von *Ankistrodesmus falcatus* im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_u o —— o und R_y · — — — ·

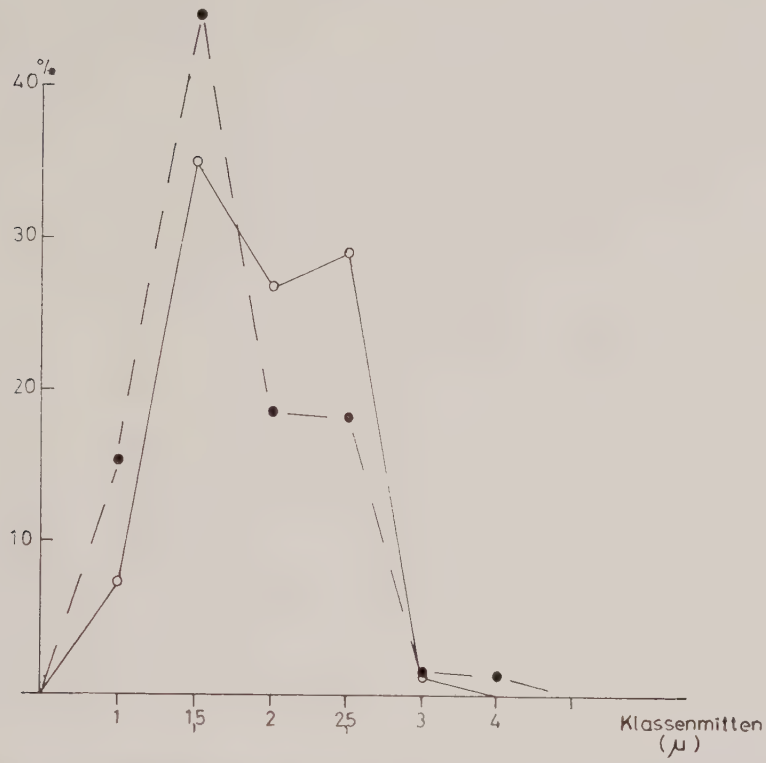


Abb. 22. Prozentuale Verteilung der Zellbreiten-Klassenmitten von *Ankistrodesmus falcatus* im Kulturversuch mit den beiden Nährlösungsreihen R_a o —— o und R_g · — — — ·

bei Freilanduntersuchungen möglich gewesen wäre. Sie haben erneut bestätigt, daß Algen auf Umwelteinflüsse verschiedenster Art sehr merklich reagieren und daß nicht nur Licht und Temperatur, sondern auch der Nährstoffgehalt des Wassers die Pigmentausbildung bestimmen können. Bei Nährstoffverschlechterung (hervorgerufen durch Calciumnitrat-Mangel bzw. Nährstoffverbrauch im Laufe der Zeit) nahm der Chlorophyllgehalt von *Diatoma elongatum*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum* und *Ankistrodesmus falcatus* allgemein eindeutig ab. Diese Chloroseerscheinungen traten sowohl mit Bezug auf die Einzelzelle oder Kolonie, wie im Standardvolumen von 1 mm³, als auch prozentanteilig an der Trockensubstanz in Erscheinung. Auch verschiedene Temperatur- und Licht(?)-bedingungen führten zu Unterschieden im Pigmentgehalt.

Die Chlorophyllwerte je Zelle oder Coenobium gehörten für *Diatoma*, *Stephanodiscus*, *Scenedesmus* und *Ankistrodesmus* der gleichen Größenordnung an; nur die *Pediastrum*-Kolonien besaßen durchschnittlich ungefähr 10mal soviel Chlorophyll wie die anderen genannten Algen. Die Algenzelle bzw. die Kolonie, die nur als Individuenzahl erfaßt wird, erscheint allerdings in der Berechnung völlig unabhängig von den oft beträchtlichen Größenunterschieden der Algen. Berücksichtigte man ihr Volumen und errechnete dann den Chlorophyllwert für 1 mm³ Zellvolumen, so

waren von den untersuchten Algen die derselben systematischen Gruppe angehörenden Phytoplankter auch annähernd gleich pigmenthaltig. Und zwar enthielten dann die Chlorococcalen im Durchschnitt im Standardvolumen von 1 mm³ das Fünffache an Chlorophyll im Vergleich mit den beiden Diatomeen. Der Chlorophyllgehalt der Algen ist aber bei unterschiedlichen Milieubedingungen verschieden groß gewesen; das heißt mit anderen Worten: es kann ein und dieselbe Pigmentmenge recht unterschiedlichen Zellgrößen (Volumina) zuzuordnen sein. Im Verlauf der Untersuchungen enthielten folgende Algenvolumina 1 mg Chlorophyll:

Diatoma elongatum	244—1000 mm³
Stephanodiscus Hantzschii	208—1136 mm³
Diatoma e. + *Stephanodiscus H.*	118— 278[1]) mm³
Scenedesmus quadricauda	71— 667 mm³
Pediastrum boryanum	33— 233 mm³
Ankistrodesmus falcatus	39— 77[1]) mm³

Die angeführten Zahlen stellen die bei den Versuchen ermittelten Grenzwerte dar; bei anderen Milieubedingungen mögen sie noch anders lauten.

ATKINS und PARKE (1951) bestimmten 1 mg Chlorophyll in 53 mm³ Zellvolumen von *Chlorella* aus einer Monokultur, einen Wert also, der dem der in dieser Arbeit behandelten Chlorococcalen entspricht. GILLBRICHT (1952) errechnete für das Diatomeen-Plankton der Kieler Bucht ein Algenvolumen von 136 mm³, in dem 1 mg Chlorophyll enthalten war. Dieser Wert läßt sich denen der beschriebenen Diatomeen-Mischkultur zuordnen. Er erwähnt ferner, daß er u. a. für ein und dasselbe Planktonvolumen zwei Chlorophyllwerte erhalten habe, die um das Neunfache voneinander verschieden waren. Diese Abweichungen im Chlorophyllgehalt der Algen bzw. des Planktons werden der qualitativen Änderung der Planktongesellschaft zugeschrieben. GILLBRICHT weist darauf hin, daß diese Tatsachen zu beachten seien, wenn Chlorophyllmessungen einen Anhaltspunkt für die Produktionsgröße geben sollen.

Die durch die verschiedensten Umwelteinflüsse hervorgerufenen Chlorophyllgehaltsschwankungen machten sich auch im Hinblick auf das Trockengewicht bemerkbar. Bei Nährstoffmangel sank der Prozentanteil des Chlorophylls an der Trockensubstanz im allgemeinen ab. Außerdem war bei den Grünalgen der Prozentsatz des Chlorophylls am Trockengewicht größer als bei den Kieselalgen. Für die Grünalgen errechnete sich aus den Versuchsergebnissen ein Durchschnittswert von 3,4%, bei den Diatomeen von nur 1,1% an der Trockensubstanz (in der Mischkultur im Durchschnitt 1,7%).

AACH (1953) führt für einen Stickstoffmangel-Versuch mit *Chlorella* abnehmende Prozentwerte von 4,62 bis 0,04 Chlorophyll am Trockengewicht an. RILEY (1941) gibt für das von ihm untersuchte Plankton einen Durchschnittswert von 2,9% Chlorophyll an der Trockensubstanz an.

Weder das Algenvolumen noch das Trockengewicht sind Bezugswerte für den Chlorophyllgehalt der Algen, die sich gegenseitig bedingen, wie ja nicht einmal zwischen Photosynthese und Chlorophyllgehalt Proportionalität besteht.

Das Algenvolumen der einzelnen Arten variierte artspezifisch mit den Milieubedingungen und natürlich auch mit dem Alter der Algen.

SOEDER (1960) zeigte u. a., daß *Chlorella pyrenoidosa* bei überoptimalen Salzkonzentrationen in der Nährlösung ein Aussehen annimmt, daß dem von Speicherzellen, die sich bei N- oder P-Mangel bilden, gleicht. Das heißt mit anderen Worten, daß aus der Zell- bzw. Koloniegröße

[1]) In diesen Zahlen sind keine Mangelzellen mit einbegriffen.

nicht ohne weiteres der physiologische Zustand — wie etwa gut oder schlecht ernährt — abgeleitet werden kann. Derartige Feststellungen lassen sich aus den zuvor beschriebenen Versuchen ableiten.

Wenn nun auch die Volumgröße einer Algenart ziemlichen Schwankungen unterworfen ist, so ermöglichte doch erst ihre Berücksichtigung eine Angleichung der Pigmentgehalte innerhalb einer systematischen Einheit und eine Differenzierung zwischen den systematisch nicht verwandten Gruppen. Bei den Grünalgen beruhte im übrigen die Volumänderung im wesentlichen auf dem Breiter- und Schmalerwerden der Zellen, bei den Diatomeen wirkte sie sich auf Grund einer Verkürzung oder Verlängerung der Pervalvarachse aus.

Der Einfluß der Nährlösungszusammensetzung machte sich auch auf die Kolonieausbildung geltend, wie schon bei der Schilderung des Ablaufs der einzelnen Versuchsserien berichtet wurde. So bildete *Diatoma elongatum* bei unterschiedlichen Temperaturen nur in der Nitratmangel-Kulturreihe mit Calciumchloridzusatz lange Zickzackbänder.

Diese Beobachtung ist vielleicht mit den Untersuchungsergebnissen von Schröder (1954) in Verbindung zu bringen, die bei Versuchen mit *Stichococcus bacillaris* festgestellt hat, daß der Zusatz eines Erdalkalichlorids zur Nährlösung den Zerfall in Einzelzellen verhindert. In den Versuchen mit *Diatoma* wurden die langen Kettenkolonien jedoch erst beobachtet, wenn sich schon Mangelerscheinungen an Volumgröße und Pigmentgehalt bemerkbar machten. Die erwähnte Autorin fand ferner bei Salzkonzentrationssteigerung einen Zerfall in Einzelzellen bei *Scenedesmus*-Arten. Diese Feststellung entspricht den eigenen Befunden, die gezeigt haben, daß *Scenedesmus* in der konzentrationsstärkeren Nährlösung L + C vorwiegend im Einzellstadium auftrat, während in der demgegenüber nährsalzärmeren Lösung nach Rodhe zumeist Zweizellcoenobien vorkamen.

Als feststehend kann gelten, daß Algen nicht nur interspezifische Pigmentgehaltsunterschiede aufweisen, sondern daß ihr Chlorophyllgehalt auch infraspezifisch nicht unbeträchtlich zu variieren vermag. Dies gilt nicht nur für das Experiment, sondern genau so für die Geschehnisse im Freiland. Möge man nun einwenden, daß eine Planktongemeinschaft in einem natürlichen Gewässer doch noch anderen Einflüssen ausgesetzt ist, so darf dem entgegengehalten werden, daß die Grundvoraussetzungen die gleichen sind. Die Beleuchtungsverhältnisse, die Temperatur und der Nährstoffgehalt wechseln im Laufe eines Jahres. Sie lassen Planktonpopulationen unter den für die betreffenden Algen günstigen Voraussetzungen entstehen und bei für diese Arten ungünstig werdenden Bedingungen vergehen. Es kann bei bestimmten Nährstoffkombinationen zu einer starken Vermehrung kommen, ohne daß deshalb z. B. die Pigmente die erwartungsgemäß entsprechend hohen Werte aufzuweisen brauchen (s. Kulturversuch mit *Diatoma*). Besonders bei Wasserblüten wird der Chlorophyllgehalt der Algen zu Beginn und beim Abklingen der Hochproduktion nicht der gleiche sein. Es müßte also, soll der Chlorophyllwert als Maß für die in einem Gewässer vorhandene Algenmenge herangezogen werden, nicht nur die qualitative Zusammensetzung der Planktongemeinschaft, sondern, wenn möglich, auch noch der Entwicklungszustand beachtet werden, was jedoch bei der Vielfalt der einwirkenden Faktoren und unserer bisher noch verhältnismäßig geringen Kenntnis von den Milieuansprüchen der einzelnen Algenarten nicht realisierbar sein dürfte.

Nicht zu vernachlässigen ist ferner bei der Beurteilung des aus dem Seston gewonnenen Chlorophyllwertes der „chlorophyllhaltige Detritus". Die aus ihm extrahierbaren chlorophyllähnlichen Farbstoffe können nach Gillbricht (1952) einen nicht unwesentlichen Anteil am Sestonchlorophyll darstellen. Ob und wieweit die

aus dem Detritus extrahierbaren Farbstoffe dem Chlorophyll zuzuschreiben sind, mag hier dahingestellt bleiben. Es genügt in diesem Fall zu wissen, daß auch der Detritus Absorptionswerte bei 660 mμ liefert, die sich dem Chlorophyllwert zuordnen und die damit die Bestimmung der Primärproduktionsgröße aus der Farbtiefe des grünen Pigmentextraktes noch unsicherer gestalten. (Tagelang gewässerter und gewaschener Torf, der nichts als zersetzte Pflanzensubstanz darstellt und insofern dem Detritus vergleichbar ist, wurde extrahiert und absorbierte Licht der Wellenlänge 660 mμ) Es müßte also auch der Detritusgehalt eines Gewässers geprüft werden, bevor Rückschlüsse aus dem Chlorophyllextrakt auf die Algenmenge gezogen werden.

Schließlich wäre noch auf die unterschiedliche Extrahierbarkeit der Algen zu achten, da durch unvollständige Extraktion weitere Fehler entstehen.

Bei der Inkonstanz des Verhältnisses von Chlorophyll zu den bisher herangezogenen Bezugsgrößen dürfte die Chlorophyllmethode nur in speziellen Fällen Anwendung finden können, nicht aber als allgemein gültige Methode zur quantitativen Bestimmung des Phytoplanktons. Die Beziehungen von Chlorophyll zu den verschiedenen Zellbezugsgrößen können aber über die Milieuansprüche der Algen und ihren Stoffwechsel wesentliche Aufschlüsse geben.

6. Zusammenfassung

Mit *Diatoma elongatum*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum* und *Ankistrodesmus falcatus* wurden Monokultur-Serienversuche (ein Mischkulturversuch) unter verschiedenen Entwicklungsbedingungen durchgeführt. In bestimmten Zeitabständen sind Zellen- oder Koloniezahl, das Algenvolumen, der Chlorophyllgehalt und verschiedentlich auch die Trockensubstanz bestimmt worden. Das Algenvolumen wird als „mittleres Zellvolumen" angegeben; es basiert auf dem arithmetischen Mittel aus einer Reihe von Meßwerten der durch die Milieuverhältnisse am auffälligsten variierenden Zellachse.

Die Zellvolumgröße richtete sich nach dem Alter der Algen, nach ihrem Ernährungszustand und nach der Ionenzusammensetzung des Nährmediums. Auch die Koloniebildung ist durch die Beschaffenheit der Nährlösung beeinflußbar.

Der Chlorophyllgehalt je Zelle bzw. Coenobium war bei den untersuchten Algen ungefähr gleich groß. Nur eine *Pediastrum*-Kolonie wies etwa das Zehnfache an Chlorophyll auf im Vergleich mit den anderen Versuchsalgen.

Erst bei Berücksichtigung des Algenvolumens und der Berechnung des Chlorophyllgehaltes auf ein Standard-Zellvolumen von 1 mm^3 zeigte sich, daß die Grünalgen etwa um das Fünffache chlorophyllreicher waren als die beiden Diatomeen und daß *Pediastrum* ungefähr den gleichen Chlorophyllgehalt aufzuweisen hat wie die anderen beiden Chlorococcalen.

Der Prozentanteil des Chlorophylls an der Trockensubstanz war bei den Diatomeen kleiner als bei den Grünalgen.

Bei Mangelzuständen, die in den Versuchen durch Calciumnitratabstufungen hergestellt bzw. an alten Kulturen bei Nährstofferschöpfung festgestellt wurden, nahm der Chlorophyllgehalt der Algen je nach Dauer und Intensität des Mangelzustandes eindeutig ab. Bei Verschlechterung der Wachstumsbedingungen durch niedere Temperaturen ließ sich die Pigmentbildung ebenfalls beeinflussen.

Eine quantitative Chlorophyllextraktion von getrocknetem Algenmaterial war unter Beachtung eines besonderen Trocknungsverfahrens bei den beiden Diatomeen möglich. Getrocknete Grünalgen ließen sich jedoch nicht vollständig extrahieren.

Da das Verhältnis von Chlorophyll zu den verschiedenen Zellbezugsgrößen nicht konstant ist, sondern von den Umweltbedingungen und von der artspezifischen Pigmentzusammensetzung abhängt, kann ein und derselbe Chlorophyllwert sehr unterschiedliche Substanzmengen repräsentieren.

7. Literatur

Aach, H. G., 1953: Über Abbau und Regeneration der Chloroplastenfarbstoffe bei Chlorella. Arch. Mikrobiol. **19,** 166—173.

Atkins, W. R. G., and M. Parke, 1951: Seasonal changes in the phytoplankton as indicated by chlorophyll estimations. J. Mar. Biol. Ass. U. K. **29,** 609—618.

Banse, K., 1956: Produktionsbiologische Serienbestimmungen im südlichen Teil der Nordsee im März 1955. Kieler Meeresforschung **12,** 166—179.

Berardi, G., e V. Tonolli, 1953: Clorofilla, fitoplancton e vicende meteorogiche (Lago Maggiore). Mem. Ist. ital. idrobiol. Dott. Marco de Marchi **7,** 167—180.

Boresch, K., 1913: Die Färbung von Cyanophyceen und Chlorophyceen in ihrer Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt des Substrates. Jahrb. wiss. Botanik **52,** 143—185.

Bursche, E.-M., H. Kühl u. H. Mann, 1958: Hydrochemische Faktoren und Phytoplankton während einer Tide in der Elbmündung bei Cuxhaven. Gewässer u. Abwässer **5,** 20, 13—39.

— 1959 a: Hydrochemie und Phytoplankton in der Unterelbe. Veröff. d. Inst. f. Meeresforsch. i. Bremerhaven **5,** 165—192.

— 1959 b: Beziehungen zwischen dem Chemismus und der Phytoplanktonentwicklung auf der unteren Weser. Int. Rev. ges. Hydrobiol. **44,** 2, 277—298.

Chu, S. P., 1942: The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonalgae. Part I. Methods and culture media. J. of Ecology **30,** 284—325.

Creitz, G. J., and F. A. Richards, 1955: The estimation and characterization of plankton-populations by pigment analysis. III. A note on the use of „millipore" membrane filters in the estimation of plankton pigments. J. Mar. Res. **14,** 211—216.

Dersch, G., 1960: Mineralsalzmangel und Sekundärkarotinoide in Grünalgen. (Manuskript.)

Garnier, J., 1958: Influence de la temperature et de l'éclairement sur la teneur en pigments d'Oscillatoria subbrevis Schmidle (Cyanophyceae). C. r. Acad. Sci. **246,** 630—632.

Gillbricht, M., 1952: Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Planktons in der Kieler Bucht. I. Kieler Meeresforsch. **8,** 173—191.

Halldal, P., 1958: Pigment formation and growth in blue-green algae in crossed gradients of light intensity and temperature. Physiol. Plantarum **11,** 401—420.

Harris, E., and G. A. Riley, 1956: Oceanography of Long Island Sound 1952—1954 VIII. Chemical composition of the phytoplankton. Bull. Bingh. Oceanogr. Coll. **15,** 315—323.

Harvey, W., 1952—53: Synthesis of organic nitrogen and chlorophyll by Nitzschia closterium. J. Mar. Biol. Ass. U. K. **31,** 477—487.

Huber-Pestalozzi, G., 1942: Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer **16,** 367—549. E. Schweizerbart, Stuttgart.

Krey, J., 1939: Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasser- und Schöpfproben. Jour. du Conseil. Int. Expl. Mer. **14,** 201—209.

— 1958: Chemical methods of estimating standing crop of phytoplankton. Rapp. et Proc. Verb. Conseil Intern. Explor. Mer. **144,** 20—27.

Lefèvre, M., H. Jakob et M. Nisbet, 1952: Auto- et Hétèroantagonismus chez les algues d'eau douce. Ann. Stat. Centr. d'Hydrobiol. Appl. **4,** 5—198.

Lund, J. W. G., 1949: Studies on Asterionella. I. The origin and nature of the cells producing seasonal maxima. J. of Ecology **37,** 389—419.

MacMillan Conover, Sh. A., 1956: Oceanography of Long Island Sound 1952—54 IV. Phytoplankton. Bull. Bingh. Oceanogr. Coll. **15,** 62—112.

Mandels, G. R., 1943: A quantitative study of chlorosis in chlorella under conditions of sulphur deficiency. Plant Physiol. **18,** 449—462.

Margalef, R., 1954: Concideraciones sobre la determination cuantitativa del por la valoracion de pigmentos solubles y los factores que afectan a la relacion entre cantidad de pigmento y peso seco. Publ. Inst. Biol. Apl. **16,** 71—84. (Referat in: Biol. Abstr. **29,** Nr. 5208).

Oorschot, J. L. P. van, 1955: Conversion of light energy in algal culture. Med. Landbouwhogeschool te Wageningen/Nederland **55,** 222—276.

Pirson, A., 1937: Ernährungs- und stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Fontinalis und Chlorella. Z. Botanik **31,** 193—267.

PIRSON, A., C. TICHY u. G. WILHELMI, 1952: Stoffwechsel und Mineralsalzernährung einzelliger Grünalgen. I. Mittlg. 1. Vergleichende Untersuchungen an Mangelkulturen von Ankistrodesmus. Planta **40**, 199—253.

RILEY, G. A., 1941: Plankton studies III. Long Island Sound. Bull. Bingh. Ocean. Coll. **7**, 1—89.

RODHE, W., 1948: Environmental requirements of fresh water plankton algae. Experimental studies in the ecology of phytoplankton. Symbol. Bot. Upsala **10**, 1—149.

RYTHER, J. H., and Ch. S. YENTSCH, 1957: The estimation of phytoplankton production in the Ocean from chlorophyll and light data. Limnol. a. Oceanogr. **2**, 281—286.

— —, 1958: Primary production of continental shelf waters off New York. Ibid. **3**, 327—335.

SCHROEDER, B., geb. TORNAU; 1954: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Neutralsalze aus Wachstum, Zellform und Fadenbildung von Stichococcus bacillaris und einigen anderen Grünalgen. Arch. Mikrobiol. **20**, 63—88.

SOEDER, C. J., 1960: Studien zur Entwicklungsphysiologie von Chlorella pyrenoidosa Chick unter besonderer Berücksichtigung der Salzkonzentration im Medium. Flora **148**, 489—516.

SOROKIN, C., 1957: Changes in photosynthetic activity in the course of cell development in Chlorella. Physiologia Plantarum **10**, 659—666.

TUCKER, A., 1949: Pigment extraction as a method of quantitative analysis of phytoplankton. Trans. Amer. Micr. Soc. **68**, 21—33.

UNGEMACH, H., 1960: Sedimentchemismus und seine Beziehungen zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen. Dissertation Kiel.

UTERMÖHL, H., 1925: Limnologische Phytoplanktonstudien. Arch. Hydrobiol. Suppl. **5**, 1—527.

WARBURG, O., 1925: Versuche über die Assimilation der Kohlensäure. Biochem. Ztschr. **166**, 386, 287—307.

WEBER, E., 1957: Grundriß der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer, Jena 1—466.

YENTSCH, C. S., and J. H. RYTHER, 1957: Short term variations in phytoplankton chlorophyll and their significance. Limnol. a. Oceanogr. **2**, 140—142.

Dr. EVA-MARIA BURSCHE
Hydrobiologische Anstalt der
Max-Planck-Gesellschaft,
Plön/Holstein

Int. Revue ges. Hydrobiol.	46	4	1961	653—663

Ragna Rathsack-Künzenbach

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Institut für Medizin und Biologie, Berlin-Buch, Arbeitsgruppe Botanik, und Physikalisch-Technisches Institut, Außenstelle Hiddensee

Zur Cyanophyceenflora der Westküste von Rügen I

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 653
II. Systematischer Teil 654
1. Ordnung: Chroococcales Wettstein 654
2. Ordnung: Chamaesiphonales Wettstein 656
3. Ordnung: Hormogoniales Wettstein 656
III. Schlußbetrachtung 661
Literatur 662

I. Einleitung

Beim Studium der Literatur über die Algen der deutschen Ostseeküste empfindet man immer wieder den Mangel, daß die Cyanophyceen kaum in einem größeren Rahmen erfaßt worden sind. Insbesondere findet man keine ausführlichen Untersuchungen der Blaualgenflora in der mittleren Ostsee. Nach Lakowitz (1929), dessen Algenflora nun schon seit dreißig Jahren die einzige Übersicht geblieben ist, haben sich nur Gessner (1932—1937) und Trahms (1937) noch mit den Cyanophyceen dieses Gebietes beschäftigt, wobei sie sich aber ausschließlich auf die im Plankton vorkommenden Arten beschränkten. Wir haben deshalb nach der Zusammenstellung der Großalgen um Hiddensee und Rügen (Künzenbach, 1956) auch versucht, die Blaualgenflora möglichst vollständig zu erfassen. Wir glauben, damit für das Gebiet der mittleren Ostsee eine Lücke geschlossen zu haben, die besonders ins Auge fiel, wenn man die gründlichen Untersuchungen an den schwedischen Küsten zum Vergleich heranzog. Wir hoffen außerdem, für weitere Arbeiten eine Anregung gegeben zu haben.

Was nun die Beschreibung der Gewässer um Rügen und Hiddensee anbetrifft, so können wir uns mit einem Hinweis auf die Arbeiten von Gessner (1937), Trahms (1937), Trahms u. Stoll (1938) und Overbeck (1956), beschränken. Die im folgenden aufgeführten Blaualgen wurden zumeist im nördlichen Teil der Hiddenseer Gewässer, an der West- und Ostküste, gesammelt. Der südlichste Sammelort lag im Schaproder Bodden. Die Rügenschen Bodden (Wieker, Breetzer, Breeger und Jasmunder Bodden) wurden mit Ausnahme des Gebietes um den Rassower Strom nicht so gründlich untersucht. Der größte Teil der hierfür angegebenen Cyanophyceen stammte aus Planktonproben, die in monatlichen Abständen dort entnommen worden waren.

Begonnen wurde die vorliegende Arbeit an der Biologischen Forschungsanstalt Hiddensee. Untersuchungen an Schiffsanstrichen durch das Physikalisch-Technische Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften boten eine Gelegenheit, die Arbeit fortzusetzen und durch einige Arten zu ergänzen. Die Gegebenheiten dieser Untersuchungen waren für das Auffinden seltenerer Arten besonders günstig. Im Rassower Strom, einer Verbindung zwischen den Rügenschen Bodden und der Ostsee, befand sich ein Versuchsstand, an dem die bewuchsverhindernde Wirkung, die sogenannte Antifouling-Wirkung, verschiedener Unterwasseranstriche, geprüft wurde. Die durch die Giftanstriche ausgelöste selektive Besiedlung der Testplatten ließ einige Cyanophyceen in größerer Zahl hervortreten, die sonst hier selten waren oder leicht wegen des massenhaften Vorkommens anderer Algen übersehen werden konnten. Ähnliche Verhältnisse für Phaeophyceen beobachtete RAUTENBERG (1959) am gleichen Versuchssand 1958.

II. Systematischer Teil

1. Ordnung: *Chroococcales* WETTSTEIN

Chroococcaceae

Merismopedia warmingiana (LAGERH.) FORTI

Diese Alge ist die kleinste Art der Gattung und wird deshalb oft übersehen. Sie bildet kleine, meist vier- bis sechzehnzellige Kolonien, nur in einigen Fällen wurden größere beobachtet. Von LAGERHEIM und von LINDSTEDT (1943) wird ihre Größe mit 0,75 bis 1 μ angegeben. Diese Ausmaße konnten auch hier bestätigt werden. In den untersuchten Gewässern wurde sie vor allem von Juli bis August angetroffen und war während dieser Zeit nicht selten. Wir fanden sie nahe der Wasseroberfläche im Rassower Strom an Holzpfählen und Testplatten, die dort zur Prüfung von Unterwasseranstrichen ausgelegt worden waren. Sehr wahrscheinlich kommt *M. warmingiana* in diesem Gebiet auch an anderen Stellen vor, wo sie bisher aber übersehen wurde. Möglicherweise tritt die Alge auch zu anderen Jahreszeiten auf. Bisher ist *M. warmingiana* nur für die Westküste von Schweden angegeben (LINDSTEDT 1943). Die vorliegenden Funde zeigen, daß diese Alge auch in salzärmerem Wasser gedeihen kann.

Merismopedia affixa P. RICHT.

M. affixa ist in ihrer Form der vorigen Art sehr ähnlich, unterscheidet sich von dieser aber durch größere Zellen (1,5—2 μ). Die Kolonien können bis 64-zellig sein. Während die eben beschriebene Form hellgrün erschien, zeigten die Kolonien von *M. affixa* kräftig blaugrüne Färbung. Die Alge ist im untersuchten Gebiet ziemlich häufig und wurde zu verschiedenen Jahreszeiten an Geröll der Uferregion der Boddengewässer von Rügen und Hiddensee gefunden. Zwischen *M. affixa* und *M. warmingiana* soll es fließende Übergänge geben.

Merismopedia glauca (EHRENB.)

Im Plankton der Hiddenseer und Rügener Bodden findet man *M. glauca* recht häufig. Sie ist von den anderen Arten durch ihre großen Kolonien, die meist über 64 Zellen enthalten, gut zu unterscheiden.

Eine weitere Merismopedia-Art wurde von Trahms (1937) als Planktonalge für das untersuchte Gebiet angegeben: *Merismopedia tenuissima* Lemm. soll im Libben, im Schaproder Bodden und in allen Rügener Bodden aufgetreten sein. Ich konnte diesen Fund nicht bestätigen.

Gomphospheria aponina Kütz.

Diese auf verzweigten Gallertstielen Kolonien bildende Art wurde in den ruhigen Gewässern des Untersuchungsgebietes häufig angetroffen. Sie wurde sowohl in den Rügener Boddengewässern als auch an der Westküste Rügens und der Ostküste der Insel Hiddensee gefunden. Ihr Standort war die Strandregion, in der sie zusammen mit anderen Cyanophyceen in 10 bis 30 cm unter der Wasseroberfläche das Geröll besiedelte.

Microcystis minuta Kylin

Die fast kugeligen Kolonien dieser Alge wurden an der Hiddenseer Westküste nicht gefunden. Dagegen traten sie in Algenkulturen, deren Material von der Westküste stammte, an der Glaswand der Kulturgefäße auf. Die Kolonien waren mitunter unregelmäßig und steckten in einer gemeinsamen Gallerthülle. Die Zellen hatten einen Durchmesser von 1,5 bis 2 μ. Abweichend von den bisher beschriebenen Formen von *M. minuta* waren die Kolonien orange gefärbt, ihre Größe konnte über 1 mm im Durchmesser betragen. Wegen ihrer Färbung wurde diese Alge als eine Form von *M. minuta* angesehen. Diese Färbung ist abhängig von der einfallenden Lichtintensität und nach Kylin (1937) und Lindstedt (1943) für die in Kultur gehaltene Alge charakteristisch. Kylin beschreibt diese Art zuerst 1937 von der schwedischen Westküste. Er gibt die Zellgröße mit 1,5 bis 2 μ an, die Kolonien sollen 15 bis 30 μ im Durchmesser erreichen. Der Zellinhalt erscheint rosa bis tiefrot. An den Wänden der Kulturgefäße bildeten die Kolonien je nach Beleuchtungsstärke rote Flecke verschiedener Intensität.

Von Lindstedt (1943) werden zwei Variationen beschrieben: 1. var. *aeruginosa*, mit Kolonien von 15 bis 50 μ im Durchmesser. Ihre Farbe reicht von blaugrün bis spangrün und verändert sich nicht mit dem Licht; 2. var. *violacea*. Diese Form bildet in der Kultur Kolonien von rotvioletter über blauviolett bis blauer Farbe. Auch im Litoral fand er diese Varietät.

Microcystis Reinboldii (Richt.) Forti

Die kleinen kugeligen oder unregelmäßig geformten Kolonien dieser Alge wurden hin und wieder in der Litoralregion an den Geröllsteinen im Bodden gefunden. Trahms (1937) hat diese Alge im Plankton des untersuchten Gebietes ebenfalls beobachtet. Als weitere Planktonalgen der Rügener Bodden gibt er *Microcystis viridis* Lemm. und *M. aeruginosa* Kütz. an.

Chroococcus minutus (Kütz.) Näg.

Diese als Kosmopolit in Süß- und Salzwasser bekannte Blaualge tritt auch regelmäßig in den Hiddenseer Gewässern auf. Sie wurde im Spülsaum der Bodden zusammen mit anderen Cyanophyceen am Geröll gefunden. Die Kolonien waren meist zweizellig und hatten nur dünne Gallerthüllen. Die Schichtung der Hüllen war nur selten zu erkennen.

Chroococcus turgidus (Kütz.) Näg.

var. *submarinus* Hansg.

Häufiger als die vorangestellte Art ist *Chr. turgidus*. In der Strandregion der Boddengewässer sitzt sie auf dem Geröll zusammen mit anderen Blaualgen. Die gefundenen Kolonien waren meist 2-zellig, seltener 4-zellig und ihre Gallerthüllen zeigten eine schwache aber deutliche Schichtung. Die Farbe der gefundenen Exemplare war blaugrün, seltener olivgrün.

Gloeocapsa crepidinum Thuret

Kamen die bisher genannten Cyanophyceen fast ausschließlich an den weniger exponierten Küsten der Boddengewässer vor, so handelt es sich bei *Gl. crepidinum* um einen Vertreter der stark exponierten Westküste der Insel. Sie bildete in der *Calothrix-scopulorum*-Assoziation dunkel olivgrüne bis braune Lager. Die Kolonien waren unregelmäßig, locker oder dicht in eine Schleimhülle eingebettet. Nannocytenbildung konnte nicht beobachtet werden. Auch an der ruhigen Ostküste der Insel fehlte diese Alge nicht.

2. *Ordnung*: *Chamaesiphonales* Wettstein

Aus dieser Ordnung wurde kein Vertreter in den untersuchten Gewässern gefunden. Auch die als Kosmopolit bekannte Art *Xenococcus Schousboei* Thur. wurde hier niemals gesehen.

3. *Ordnung*: *Hormogoniales* Wettstein

Rivulariaceae Rab.

Calothrix parasitica (Chauv.) Thur.

Diese auch von Lakowitz (1929) für die Ostsee beschriebene Art konnte in den Gewässern um Hiddensee nur sehr selten beobachtet werden. Bisher wurde sie nur zweimal in Lagern von *Rivularia atra* angetroffen. In *Nemalion multifidum* kam sie niemals vor. Diese Rotalge ist ein seltener Gast der Hiddenseer Algenflora, sie tritt nur sporadisch auf. (Siehe Künzenbach 1956).

Calothrix aeruginea (Kütz.) Thur.

Diese *Calothrix*-Art ist von Rautenberg (Rathsack u. Rautenberg 1958) auf Versuchsplatten mit Unterwasseranstrichen im Rassower Strom gefunden worden. Sie wird sonst als epiphytisch auf anderen Algen beschrieben. Im Rassower Strom soll sie wenige cm bis dm unter der Wasseroberfläche auftreten. Dieses Vorkommen konnte ich im Sommer 1959 nicht bestätigen. Dagegen fand ich *C. aeruginea* einige Male an der Westküste der Insel Hiddensee auf *Fucus vesiculosus*. Sie war sonst im ganzen Gebiet ziemlich selten.

Calothrix scopulorum (Weber u. Mohr) Ag.

An der Westküste von Hiddensee werden die Steine in der Wasserlinie und in der Spritzzone von ausgedehnten dunkelgrünen bis schwarzgrünen Lagern von *C. scopulorum* überzogen. Sie bildet auch hier wie an allen nordatlantischen Küsten eine eigene Assoziation. Je nach Exposition und Windverhältnissen ist die Zone verschieden stark ausgebildet.

C. scopulorum ist während des ganzen Jahres in dieser Region anzutreffen. Auch in der Strandregion der ruhigen Bodden ist diese Alge vorhanden. Die Zone, die sie hier einnimmt, ist bedeutend weniger ausgebildet. Die verschiedenen Formen, in denen *C. scopulorum* vorkommt, sollen hier nur kurz genannt werden: 1. f. *simplex*, 2. f. *subsimplex* und 3. f. *ramosa*.

Rivularia nitida Ag.

Rivularia nitida bildet rundliche, blasig aufgetriebene, oft faltig hohle Kolonien, die bis zu 3 cm groß sein können. Die Lager sind weich und schlüpfrig, von olivgrüner bis schwarzgrüner Farbe. Die Scheiden sind farblos und undeutlich. Die Trichome sind nach Geitler an der Basis bis 4mal kürzer als breit, an der Spitze aber länger als breit und laufen in einem Haar aus. Die Trichome sind im Lager radiär gestellt. Die Heterocysten liegen an der Basis der Zellfäden. *R. nitida* wurde sehr häufig im Spülsaum der Boddengewässer gefunden. Sie bildete große blasenförmige Kolonien aus. An stark exponierten Orten der Westküste fehlte sie oft vollkommen. Die Größe der Koloniebildung schien vom Grad der Exposition abzuhängen. Je ruhiger der Standort war, desto größer waren die Lager. Niemals trat *R. nitida* im Supralitoral auf, im Gegensatz zu den Funden von Lindstedt (1943), der sie 4 bis 5 dm oberhalb der Mittelwasserlinie gefunden hat.

Rivularia atra Roth

R. atra bildet ebenfalls kugelige Lager. Sie sind aber kompakt und erreichen nur einen Durchmesser bis zu 4 mm. Die Kolonien sind von schwarzgrüner bis schwarzer Farbe. Die Trichome enden in einem Haar. *R. atra* kommt im Bodden wie an der Westküste vor und ist gegen Umweltschwankungen sehr resistent. Sie wurde auch an größeren Algen des Litorals, wie *Fucus vesiculosus* und *Ceramium rubrum* gefunden.

Microchaetaceae Lemmermann

Microchaete grisea Thur.

Microchaete grisea wurde im September und November 1959 an Versuchsplatten mit Unterwasseranstrichen im Rassower Strom gefunden. Sie bildete an einigen Platten den Hauptbestandteil der Blaualgenvegetation. Die Alge kam in kleinen Räschen vor und war stets in Büscheln vereinigt. Die Länge der Trichome betrug etwa 1 mm. Sie ähnelte habituell den *Calothrix*-Arten, zeigte aber am Ende der Trichome keine Haarbildung. Die Endzelle an der Spitze war abgerundet. Die Fäden waren an der Basis umgebogen und trugen hier meist die Heterocyste. Die Zellen waren etwa zweimal so breit wie lang. Die Spitzenzone hatte inhaltsärmere Zellen, die so lang wie breit waren. Die Farbe der in 30 bis 50 cm unter der Wasseroberfläche wachsenden Alge war blaugrün. Im Gegensatz zu den bisher epiphytisch beschriebenen Formen kam sie hier wie oben erwähnt, an Farbplatten mit Zink-Anstrichen vor. Wahrscheinlich trat sie hier infolge mangelnder Konkurrenz durch andere Cyanophyceen stärker hervor. Sie scheint eine gewisse Resistenz gegenüber Zink zu besitzen. Sie wurde erstmalig in diesen Gewässern gefunden und war an dem genannten Standort ziemlich häufig. Wegen ihrer Ähnlichkeit mit *Calothrix* kann sie leicht übersehen werden.

Nostocaceae KÜTZ.

Nodularia spumigena MERTENS

Diese Alge ist für die Gewässer um Hiddensee ziemlich selten. Im Juli 1957 rief sie jedoch an der Westküste der Insel eine starke „Wasserblüte" hervor. Die in Flocken an der Wasseroberfläche schwimmende Blaualge wirkte hellgrau bis schmutzig weiß. Die Farbe kann durch reichliches Auftreten von Gasvakuolen herrühren. Diese Alge wurde von TRAHMS (1937) als Planktonalge für die Bodden beschrieben.

Anabaena variabilis KÜTZ.

A. variabilis spielt in der Cyanophyceenflora des untersuchten Gebietes keine große Rolle. Sie wurde einmal zusammen mit *Vaucheria* spec. auf feuchtem Boden in der Uferregion der Griebener Bucht (nördlichster Teil der Bucht von Kloster) gefunden. Hier bildete *A. variabilis* dunkelgrüne, schlüpfrige Überzüge. Im freien Wasser wurde sie niemals angetroffen.

Anabaena torulosa (CARM.) LAGERH.

In Kulturen von *Vaucheria* spec. bildete *A. torulosa* blaugrüne Überzüge. Die Dauerzellen waren sehr groß und bis 12 μ lang. Sie waren nie eingeschnürt und lagen stets neben der Heterocyste. Bisweilen lagen mehrere Dauerzellen nebeneinander. Die Heterocysten waren meist kugelig. Die Endzelle des Fadens war konisch zugespitzt.

Neben der typischen Form von *A. torulosa* wurden einige Exemplare beobachtet, deren Fäden sich an den Enden verjüngten. Es wird sich aber hierbei auch nur um eine Form der genannten Art handeln. Außer an *Vaucheria* wurde *A. torulosa* auch noch auf *Ceramium rubrum* (in Kultur) gefunden.

Anabaena spiroides KLEBAHN

Diese Alge wurde nicht regelmäßig an den Küsten des untersuchten Gebietes gefunden. Im Sommer 1953 trat sie an der Westküste sogar in solchen Mengen auf, daß sie eine „Wasserblüte" verursachte. Sie schien mit der Strömung von benachbarten Küsten an die Westküste der Insel gelangt zu sein. In diesem Massenvorkommen wirkte sie hellgrün. Sonst gehörte *A. spiroides* zum Plankton der Bodden von Hiddensee und Rügen.

Anabaena flos aquae (LYNG.) BREB.

Im selben Jahr wie die vorgenannten Art trat auch *A. flos aquae* im Plankton auf. Sie unterschied sich von *A. spiroides* durch ihre langen Dauerzellen. Außerdem waren mehrere Trichome von *A. flos aquae* in einer Gallerthülle zu einem Lager vereinigt.

Oscillatoriaceae KIRCHNER

Spirulina subtilissima KÜTZ.

Zwischen *Ruppia maritima* und Zwergformen von *Fucus vesiculosus* bildete *Sp. subtilissima* an der Ostseite von Hiddensee in ruhigen Buchten dünne dunkelblaugrüne Überzüge. Diese Blaualge, die in den untersuchten Boddengewässern regelmäßig gefunden wurde, scheint im bewegten Wasser der Westküste zu fehlen.

Spirulina subsalsa Ørstedt

Diese Art, die sich von *Sp. subtilissima* vor allem durch die größere Breite der Windungen unterscheidet, wurde außer an höheren Pflanzen in der Uferzone der Hiddenseer Ostseite auch an der Unterseite einiger Farbplatten im Rassower Strom gefunden. Sie bildete hier zwischen und auf den Gehäusen von *Balanus improvisus* dunkelgrüne Überzüge. Sie kommt im untersuchten Gebiet häufiger als *Sp. subtilissima* vor. Auch an der Westküste war sie zwischen anderen Cyanophyceen nicht selten.

Spirulina rosea Crouan

Sp. rosea ist bisher nur in salzreichen Gewässern an der atlantischen Küste von Frankreich und Norwegen und an der Westküste Schwedens gefunden worden. Es war darum sehr überraschend, diese Alge bei Hiddensee zu entdecken. Sie trat im Rassower Strom an der Unterseite von Farbplatten vom Juli bis November 1959 auf. Zwischen *Balanus improvisus* bildete diese *Spirulina*-Art auf dem Farbanstrich dunkelrote bis violette Überzüge. Die Lager waren bis zu 3 cm groß. Bei mikroskopischer Betrachtung waren die Trichome rosa und stimmten mit allen Merkmalen mit der bei Lindstedt (1943) und Geitler (1930—32) beschriebenen Art überein. Entnommene Proben behielten unter anderen Lichtverhältnissen ihre Farbe bei. Da nach Lindstedt die rote Farbe unabhängig von der Lichtstärke erhalten bleibt, besteht kein Zweifel, daß es sich bei der hier gefundenen Art um *Sp. rosea* handelt. Entgegen früheren Beobachtungen trat die Blaualge hier im obersten Litoral (etwa 50 cm unter der Wasseroberfläche) an den Platten auf und nicht im Sublitoral. Die Kolonien befanden sich jedoch an der Unterseite der waagerecht aufgehängten Versuchsplatten.

Oscillatoria Vauch.

Die Oscillatorien sind hier wahrscheinlich noch nicht vollständig erfaßt. Ihr Vorkommen ist hauptsächlich auf kleine Salzwassertümpel mit großen Temperatur- und Salzgehaltsschwankungen sowie auf die Strandregion der Bodden zwischen Uferpflanzen und auf schlammigen Untergrund beschränkt. Die Abgrenzung der einzelnen Arten gegeneinander ist schwierig.

Oscillatoria Bonnemaisonii (Crouan) Gom.

Diese 18 bis 30 μ breite *Oscillatoria*-Art wurde im Sommer 1959 in wenigen Exemplaren gefuden. Sie trat mit anderen Cyanophyceen zusammen in einem stark verschmutzten Tümpel auf dem Bessin auf. Die breiten Trichome waren an den Querwänden leicht eingeschnürt und spiralig gewunden. Die Endzelle war abgerundet, trug aber keine Kalyptra. Die Alge war selten.

Oscillatoria curviceps Ag.

O. curviceps kam ebenfalls in Tümpeln auf dem Bessin vor, war aber weitaus häufiger als die vorige Art. Sie bildete dunkelgrüne Lager, die mitunter, von der Unterlage losgerissen, im Wasser schwammen. Die Trichome hatten eine Breite von 13 bis 17 μ. Die Zellen waren drei bis sechsmal breiter als lang und an den Querwänden nicht eingeschnürt, die Endzelle flach abgerundet.

Oscillatoria Okeni (Ag.) Gom.

Die Lager dieser Alge waren dunkelblaugrün. Sie wurde an demselben Standort gefunden wie die vorangestellte Art. Sie unterschied sich von dieser durch ihre ge-

ringe Trichombreite, sie beträgt bei *O. Okeni* nur 6 bis 9 μ. Die Trichome waren an den Enden verjüngt, die Endzelle abgerundet. Die Zellen waren etwa dreimal so breit wie lang. *O. Okeni* kam in den Salzwassertümpeln und an ruhigen Stellen der Griebener Bucht zwischen *Scirpus* und *Juncus* nicht selten vor.

Oscillatoria amphibia AG.

O. amphibia war die kleinste der in diesen Gewässern gefundenen Oscillatoria-Arten. Die nicht eingeschnürten Trichome hatten eine Breite von 2 bis 3 μ. Die Zellen waren etwa zwei bis drei mal so lang wie breit. *O. amphibia* wurde ebenfalls auf dem Altbessin gefunden. Ihre Lager waren blaugrün gefärbt. Sie kam sehr selten vor.

Phormidium fragile (MENEGH.) GOM.

Ph. fragile gehört zu der häufigsten Art dieser Gattung und trat besonders im Hochsommer im Bodden und an der Westküste auf. Im Bodden wurde sie vor allem an Pfählen und den ausgelegten Farbplatten gefunden. Sie bildete hier keine Lager, sondern kam vermischt mit anderen Hormogoniales (*Rivularia* und *Calothrix scopulorum*), in der obersten Zone des Litorals vor. Aber auch in 50 bis 100 cm Tiefe war sie zwischen anderen Algen zuweilen anzutreffen. An den stark exponierten Findlingen und der Mole an der Westküste bildete *Ph. fragile* neben *C. scopulorum* hin und wieder dunkel olivgrüne bis braungrüne Überzüge.

Phormidium autumnale (AG.) GOM.

Im Herbst ist *Ph. autumnale* die weitaus häufigste *Phormidium*-Art der Hiddenseer Westküste. Ende September und bis in den November hinein bildete sie auf den Steinen der obersten Litoralregion und im unteren Teil des Supralitorals ausgedehnte zähe, braungrüne bis hellbraune Überzüge. In manchen Jahren konnten sie um diese Zeit an einigen Steinen stärker hervortreten als *Calothrix scopulorum*. Im Frühjahr und im Sommer trat sie dagegen ganz zurück.

Lyngbya aestuarii (MERT.) LIEBM.

Diese Blaualge ist regelmäßig in den Boddengewässern gefunden worden. Sie kommt dort besonders in ruhigen Buchten vor und bedeckte oft den schlickigen Untergrund. Auch freischwimmende Lager waren nicht selten. Im Dredschmaterial, das aus etwa 4 bis 7 m Tiefe vom Grunde des Schaproder Boddens stammte, war sie recht häufig. In den Rügenschen Bodden trat sie ebenfalls auf. Diese Art war an ihren häufig gelb bis gelbbraun gefärbten, dicken und geschichteten Scheiden gut zu erkennen.

Lyngbya majuscula HARV.

L. majuscula war längst nicht so häufig wie die obengenannte *Lyngbya*-Art. Sie wurde aber im Sommer regelmäßig gefunden. Ihre Fundorte waren dieselben wie die von *L. aestuarii*. Von dieser unterschied sie sich gut durch ihre Größe. Sie wurde bis zu 50 μ breit, ihre durchschnittliche Breite betrug 20 bis 30 μ.

Lyngbya lutea (AG.) GOM.

Im Gegensatz zu den beiden anderen *Lyngbya*-Arten trat *L. lutea* an den exponierten Steinen der Westküste auf. Im Juli 1957 bildete sie auf den Steinen der Mole

feine bräunliche Rasen in der unteren Supralitoralregion, zusammen mit *Calothrix scopulorum*. Unter dem Mikroskop wirkten die Trichome fast farblos bis hellgrün. Die Scheiden waren farblos. *L. lutea* kam am genannten Standort häufig vor und bildete zahlreiche Kolonien.

III. Schlußbetrachtung

Bei einer Übersicht über die Vorkommen der zusammengestellten Algen zeigt sich, daß der weitaus größte Teil der Cyanophyceen zu den Bewohnern der relativ ruhigen Boddengewässer, Buchten oder Tümpel gehört. Die Artenzahl liegt hier weitaus höher als an dem der freien See zugewandten Ufer. Die folgende Zusammenstellung soll dieses deutlich machen:

	Exponierte West- und Nordküste	Stillwassergebiet der Ostküste
Merismopedia warmingiana	?	+
Merismopedia punctata	—	+
Merismopedia glauca	—	+
(*Merismopedia tenuissima*)	—	+
Gomphospheria aponina	+	+
Microcystis minuta	+	—
Microcystis Reinboldii	—	+
Chroococcus turgidus	—	+
Chroococcus minutus	—	+
Gloeocapsa crepidinum	+	+
Calothrix parasitica	+	—
Calothrix aeruginea	+	+
Calothrix scopulorum	+	+
Rivularia nitida	—	+
Rivularia atra	+	+
Microchaete grisea	—	+
Nodularia spumigena	+	+
Anabaena variabilis	—	+
Anabaena torulosa	—	+
Anabaena spiroides	(+)	+
Anabaena flos aquae	(+)	+
Spirulina subtilissima	—	+
Spirulina subsalsa	+	+
Spirulina rosea	—	+
Oscillatoria Bonnemaisonii	—	+
Oscillatoria curviceps	—	+
Oscillatoria Okeni	—	+
Oscillatoria amphibia	—	+
Phormidium fragila	+	+
Phormidium autumnale	+	—
Lyngbya aestuarii	—	+
Lyngbya majuscula	—	+
Lyngbya lutea	+	—

Demgegenüber ist aber die Individuenzahl der Blaualgen an der Westküste viel größer als in den Bodden. Abgesehen von den Wasserblüte hervorrufenden Algen, wie *Anabaena flos aquae*, *Nodularia spumigena*, *Microcystis* u. a., sind die Lager und ihre Häufigkeit klein. („Wasserblüte" spielt nur in dem stark eutrophen Jasmunder Bodden mit 6‰ Salzgehalt eine Rolle. In den übrigen Gewässern ist sie sehr selten und dann nur durch Strömungen dorthin getrieben.) Eine Ausnahme macht *Rivularia nitida*. Die Zahl der Lager kann in der Uferzone der Boddenseite recht groß sein, so daß man in einigen Fällen von einer eigenen Assoziation sprechen kann. Die Ausdehnung dieser *Rivularia-nitida*-Assoziation reicht aber nicht an die Größe der *Calothrix-scopulorum*-Assoziation heran. *Calothrix scopulorum* ist ein typischer Vertreter der Blaualgenvegetation an der Westküste. Diese Alge ist zwar auch an bewegten Standorten im Bodden vorhanden, doch ist ihre Individuenzahl im Vergleich zum Vorkommen an der Westküste gering. Die *Calothrix-scopulorum*-Assoziation ist nicht nur für die Westküste von Hiddensee charakteristisch, sondern für die Felsenufer aller nordatlantischen und skandinavischen Küsten. Außer *Calothrix* bilden auch *Phormidium fragile* und *Phormidium autumnale* eine eigene Assoziation. Sie erreicht nie die Ausdehnung und die Bedeutung wie die *Calothrix-scopulorum*-Assoziation, kann aber besonders im Herbst stark hervortreten. Eine *Rivularia-atra*-Assoziation, wie sie von LINDSTEDT (1943) beschrieben wurde, ist an der Hiddenseer Westküste nicht beobachtet worden.

Interessant ist ein Vergleich zwischen der Artenzahl der gefundenen Blaualgen an der schwedischen Westküste und derjenigen der Hiddenseer Gewässer. LINDSTEDT gibt für die Westküste von Schweden 74 Arten an. Die bisher in unseren Gewässern gefundene Artenzahl beträgt 33. Dabei ist es möglich, daß wir noch nicht alle Algen erfaßt haben. Weitere Untersuchungen sind vorgesehen. In Anbetracht des niedrigen Salzgehaltes von 8‰ der Hiddenseer Gewässer ist also die Blaualgenvegetation noch sehr reichhaltig. Die Zahl der neu hinzugekommenen Süßwassercyanophyceen ist sehr niedrig. Die Unempfindlichkeit vieler Blaualgen gegen die Abnahme des Salzgehaltes findet darin ihren Ausdruck.

An dieser Stelle möchte ich dem Direktor der Biologischen Forschungsanstalt, Herrn Prof. Dr. H. SCHILDMACHER, und dem Direktor des Physikalisch-Technischen Institutes, Herrn Prof. Dr. R. ROMPE, sowie Herrn O. SINGER für ihr freundliches Entgegenkommen meinen besten Dank aussprechen.

Literatur

APSTEIN, C., 1896: Das Süßwasserplankton. Kiel.
—, 1899: Plankton der rügenschen Gewässer. Wiss. Meeresunters. Kiel.
BRANDT, K., u. C. APSTEIN, 1908: Nordisches Plankton. Botanischer Teil. Kiel u. Leipzig.
FRAUDE, H., 1906: Grund- und Planktonalgen der Ostsee. Jahresber. Geogr. Ges. Greifswald.
GEITLER, L., 1932: Cyanophyceae. Aus: RABENHORST's Kryptogamenflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Leipzig.
GESSNER, F., 1933: Die Produktionsbiologie der Ostsee. Naturwiss. **21**.
—, 1937: Hydrographie und Hydrobiologie der Brackwässer Rügens und des Darß. Kieler Meeresforsch. **2**, 61.
KÜNZENBACH, R., 1956: Über die Algenflora der Ostsee und der Bodengewässer um Hideensee. Wiss. Ztschr. d. Ernst Moritz Arndt-Univ. Greifswald. Jahrg. **5**, 373.
KYLIN, H., 1927: Über die karotinoiden Farbstoffe der Algen. Ztschr. physiol. Chemie, **166**.
—, 1937: Über die Farbstoffe und die Farbe der Cyanophyceen. Kungl. Fysiogr. Sällsk. i Lund Förhandl. **7**, Nr. 12.

Lakowitz, K., 1929: Die Algenflora der gesamten Ostsee. Danzig.

Lindstedt, A., 1943: Die Flora der marinen Cyanophyceen der schwedischen Westküste. Lund.

Müller-Stoll, W. R., u. R. Künzenbach, 1956: Über die standortbedingten Wuchsformen von Fucus vesiculosus in den Gewässern der Insel Hiddensee. Arch. f. Protistenkd. **101**, 289.

Overbeck, J., 1956: Untersuchungen über die Standortverhältnisse an den Wuchsorten von Fucus vesiculosus in den Gewässern von Hiddensee und Rügen. Arch. f. Protistenkd. **101**, 401.

Rathsack, H. A., u. E. Rautenberg, 1958: Untersuchungen an Schiffsanstrichen. Abh. d. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin Nr. 5.

Rautenberg, E., 1959: Über einige für die Boddengewässer westlich Rügens unbekannte Algen Monatsber. d. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin, **1**, 137.

Trahms, O./K., 1937: Zur Kenntnis der Salzverhältnisse und des Phytoplanktons der Hiddenseer und Rügenschen Boddengewässer. Arch. f. Hydrobiol. **32**, 75.

— u. K. Stoll, 1938: Hydrobiologische und hydrochemische Untersuchungen in den Rügenschen Boddengewässern während der Jahre 1936 und 1937. Kieler Meeresforsch. **3**, 61.

Druckfehlerberichtigung

Heft 3, 1961, S. 450 und S. 451, Abbildungsunterschrift zu Fig. 1 und Fig. 2: statt „(in spec./trawl-haul)" muß es heißen „(in spec. per region in whole period of sampling)".

Heft 3, 1961, S. 423, Tabelle 5, 1. Zeile, 4. Spalte muß es 35 heißen, nicht 25.

Buchbesprechungen

KIEFER, H., und MAUSHART, R.: Überwachung der Radioaktivität in Abwasser und Abluft. Kerntechnische Reihe H. 1. Mit 49 Fig. u. 25 Tab. Stuttgart 1961: B. G. Teubner Verlagsgesellsch. 112 S. Kart. DM 11,80

Das Heft wurde auf die Anforderungen der Praxis abgestellt. Die Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe behandeln die meßtechnischen Möglichkeiten der Radioaktivitätsmessung und dabei besonders die Verfahren, die sich in den letzten Jahren als besonders zweckmäßig herausgestellt haben. In dem Kapitel über die zulässigen Konzentrationen radioaktiver Stoffe (mit Tabelle der Strahlenschutzrichtwerte radioaktiver Stoffe in Wasser und Luft) werden auch die Gesichtspunkte für die Festlegung dieser Grenzwerte dargelegt. Den Abschnitten ist die neueste Literatur beigefügt. H. CASPERS

ODENING, K.: Plagiorchiidae III (Haematoloechinae) und Omphalometridae. Das Tierreich, Lfg. 75. Mit 60 Fig. Berlin 1960: Walter de Gruyter & Co. 77 S., Br. DM 32,—

Von einer in 3 Lieferungen erscheinenden Gesamtbearbeitung der Trematodenfamilie Plagiorchiidae (Digenea, Plagiorchata) behandelt der vorliegende Teil die Unterfamilie Haematoloechinae und anhangsweise die kleine Familie Omphalometridae. Die Haematoloechinae, durchweg Lungenparasiten von Amphibien, sind von hydrobiologischem Interesse, weil der ganze Lebenszyklus ihrer Vertreter, soweit bekannt, in und an Binnengewässern abläuft. Die Endwirte sind vorwiegend aquatisch lebende Anuren, die ersten Zwischenwirte gewisse Süßwasserschnecken und die zweiten Zwischenwirte Larven von Libellen (Zygopteren und Anisopteren) oder von Stechmücken (*Anopheles*), die nach Umwandlung in fliegende Imagines von den Endwirten gefressen werden. Im ersten Teil der Lieferung werden allgemeine Fragen behandelt, besonders Morphologie, Entwicklung und Biologie, Physiologie, geographische Verbreitung, Wirtsspezifität und Phylogenie der Haematoloechinen. Keine der bekannten Arten ist kosmopolitisch. Vielmehr lassen sich die Arten und Unterarten in geographische Gruppen gliedern, die sich auf gewisse, auch durch verschiedene Anurenarten gekennzeichnete Zonen Europa, Asien, Afrika, Amerika und Australien beschränken. Die Spezifität für bestimmte Endwirte ist nicht ausgesprochen, weshalb auch eine Anwendung der parasito-genetischen Regeln wenig ergiebig ist. Der Hauptteil der Arbeit ist der Systematik der Haematoloechinae gewidmet. Diese nehmen innerhalb der Familie Plagiorchiidae eine isolierte Stellung ein. Von ihren im bisherigen Schrifttum geführten Gattungen und Untergattungen erkennt der Verf. als Gattungen nur *Haematoloechus* LOOSS mit 3 Untergattungen und 19 Arten und *Ostiolum* PRATT mit 9 Arten an. Er fügt zwei neue Gattungen hinzu *Neohaematoloechus* für die Arten *N. neivai* und *N. iturbei* und *Ostioloides* für *O. rappiae* (SZIDAT). Für alle taxonomischen Einheiten werden ausführliche Diagnosen und Bestimmungsschlüssel gegeben, für die Arten und Unterarten auch klare Zeichnungen. Allen, die an Froschtrematoden interessiert sind, wird diese Lieferung als nützlicher Leitfaden willkommen sein. H. VOGEL (Hamburg)

LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU HAWAII